Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Vergleichende Untersuchungen über die Säurelöslichkeit der Schmelzoberfläche in vivo (CRT-Test)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
HORST BERGMANN
aus Tübingen

1964

8006

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Vergleichende Untersuchungen über die Säurelöslichkeit der Schmelzoberfläche in vivo (CRT-Test)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
HORST BERGMANN
aus Tübingen

1964

Dekan : Professor Dr. H. HARMS

1. Berichterstatter : Professor Dr. A. KRÖNCKE

2. Berichterstatter : Professor Dr. Dr. E. FRÖHLICH

Fotodruck PRÄZIS · Tübingen

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
II.	SCHRIFTTUMSÜBERSICHT	
	A. Schmelzlöslichkeit und CRT Bestimmung	4
	B. Die Fluoridierung des Schmelzes	5
	C. Vergleich der Säurelöslichkeit in vivo zur Atmung und Pufferkapazität des Speichels	8
	D. Die Speichelatmung	8
	E. Die Pufferkapazität des Speichels	10
III.	MATERIAL UND METHODEN	
	1. Patienten	13
	2. Speichelproben	13
	3. a) Bestimmung der Atmung des Speichels	13
	b) Bestimmung der Pufferkapazität des Speichels	14
	4. Der CRT - Test	
	a) Material und Herstellung der Indikatorplättchen	15
	b) Prinzip und Anwendung der CRT-Messung	15
	c) Experimentelles Vorgehen	16
	d) CRT Messung nach der lokalen Fluoridierung	16
	e) Zahnpasten	17
	5. Statistische Fehlerberechnung	17
IV.	ERGEBNISSE	19
V.	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	43
VI.	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	48
VII.	LITERATURVERZEICHNIS	49

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547602_0039

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Der CRT-Test (color-reaction-time) wurde in der Kariesforschungsstation des Zahnärztlichen Institutes der Universität Zürich (Professor MÜHLEMANN) entwickelt. Es handelt sich um eine Methode, die Säurelöslichkeit der Zahnoberfläche durch eine Indikatorfarbreaktion zeitlich meßbar darzustellen.

Dieses Verfahren wurde von WALTER[68] bekanntgegeben, der sie als: "A simple Method of Preliminary Screening of Organic Fluorides as their Enamel Solubility Reducing Effekt" in die Literatur einführte.

MÜHLEMANN[51] prüfte mittels dieses Testes in nachfolgenden Arbeiten die kariesprophylaktische Wirkung von fluorhaltigen Zahnpasten. Mit dem CRT-Test ist damit ein in vivo anwendbares Verfahren aufgezeigt, die Schmelzlöslichkeit zu beurteilen.

Der Schmelzlöslichkeit kommt trotz bis heute ungelöster Kariesätiologie und trotz verschiedenartiger Hypothesen eine gewisse Bedeutung zu. Dies zeigt sich besonders eindrucksvoll, wenn wir das Bemühen der Forschung mit dem Ziel kariesprophylaktisch wirksamer Maßnahmen beobachten.

Die Karies kann man als ein Geschehen definieren, welches sich in den Zahnhartsubstanzen abspielt, die dem direkten Einfluß des Mundhöhlenmilieus (Speichel, Enzymsysteme, Bakterien usw.) ausgesetzt sind. Der erste Angriff der Karies geschieht von außen her und durch den Schmelz (Zit.: nach BUHS[9]).

Nach heute gültiger Auffassung wird der Schmelz durch zwei Vorgänge zerstört:

a) Auflösung der anorganischen Komponente. Umkristallisation und Entmineralisierung durch Säuren oder auf dem Wege der Chelatbildung.

b) Auflösung des organischen Grundgerüstes (Proteolyse).

Über den eigentlich wirksamen Mechanismus bestehen verschiedenartige Hypothesen:

1. Die klassische Kariestheorie von MILLER[49] besagt, daß der Entkalkungsvorgang, der zur Karies führt, ein chemisch-parasitär bedingter Prozeß sei. Intermediäre, saure Stoffwechselprodukte (speziell Milchsäure) der die Zahnplaques besiedelnden Mikroben sollen dabei die primäre Wirkung entfalten.

2. Die Deckschichten- oder Resistenztheorie von KNAPPWOST[30] sieht die Unversehrtheit der Schmelzoberfläche dem Wechselspiel zwischen ständig erfolgenden initialen Kariesangriffen und reparatorischer Leistung des Speichels (Remineralisation) ausgesetzt. Verluste an mineralischem Material (beginnende Korrosionsdefekte) können durch Ausfällung von Hydroxylapatit aus dem Speichel wieder ausgeglichen werden. Voraussetzung für Kariesfreiheit sei, daß die Remineralisationsgeschwindigkeit größer ist als die Korrosionsgeschwindigkeit.

3. GOTTLIEB[24] entwickelte auf Grund histologischer Studien die sogenannte Invasionstheorie: Proteolytische Keime wandern primär auf organischen Bahnen (Schmelzlamellen) in den äußerlich intakten Schmelz und führen dort die Verflüssigung der organischen Substanz des Schmelzes herbei, der die Destruktion der anorganischen Kristallite folgt.

4. SCHATZ[60] und Mitarbeiter sehen in der proteolytischen Chelation den prinzipiellen Mechanismus, welcher die mineralischen und organischen Bestandteile des Schmelzes primär zerstört.

5. EGGERS-LURA[18,19,20] betont die Beziehung zwischen Schmelz und Speichel als wichtigen Faktor der Kariesgenese. Er sieht im Verhältnis des Phosphatasegehaltes des Speichels und des Blutes ein biologisch-dynamisches System, von dem Kariesbereitschaft oder Kariesresistenz abhängt.

6. LEIMGRUBER[41] unterstreicht in seiner Aufbaufaktor-Hypothese ebenfalls die Vorrangstellung des Speichels und sagt, daß die Integrität der Zahnhartgewebe hauptsächlich vom biologischen Gleichgewicht zwischen Zahn und Speichel abhänge. Der ionalen Zusammensetzung des Speichels komme daher die überragende Bedeutung zu.

7. Die endogene Kariestheorie von CSERNYEI[13] macht die Zahnlymphe und in ihr das Verhältnis von F^+ und Mg^+ für den Zerfall des

Dentin- und Schmelzgerüstes verantwortlich.

Aus den mit diesen Karieshypothesen zusammenhängenden Forschungen kann heute als gesichert angesehen werden, daß die Zahnkaries mit Umkristallisation und Demineralisationsprozessen unter der Schmelzoberfläche beginnt. Ohne einer Klärung der kausalen Vorgänge vorzugreifen kann man deshalb die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit berechtigte Vorstellung verfolgen, daß die Säurelöslichkeit der Schmelzoberfläche für die beginnende Karies von Bedeutung ist. Insofern könnte die Schmelzlöslichkeit unter Umständen auch als Charakteristikum für die individuelle Kariesbereitschaft der Zahnhartsubstanzen geeignet sein.

Die vorliegenden Untersuchungen sollen deshalb folgende Fragen klären:

A. Eignet sich der CRT-Test, um die kariesprophylaktische Wirkung von fluorhaltigen Zahnpasten zu prüfen?

B. Eignet sich der CRT-Test, um die individuelle Kariesbereitschaft zu charakterisieren?
   Wie verhält sich in diesem Zusammenhang
   a) die Schmelzlöslichkeitsbestimmung im Vergleich zur Atmung des Nüchternspeichels als Speichelkariesanfälligkeitstest?
   b) die Schmelzlöslichkeitsbestimmung im Vergleich zur Pufferkapazität des Nüchternspeichels als weiterer mit dem Grade der Kariesanfälligkeit zusammenhängender Speicheleigenschaft, die zugleich auch in Beziehung zur Remineralisation zu stehen scheint?

II. SCHRIFTTUMSÜBERSICHT

A. SCHMELZLÖSLICHKEIT UND CRT BESTIMMUNG

ANDRESEN[1] hat als erster das Phänomen der Reparation oberflächlicher Schmelzdefekte beobachten und dies als Remineralisation durch den Speichel beschrieben.

FOSDICK[23] bestimmte die Auflösung von pulverisiertem Schmelz in einem Speichel-Zuckergemisch, die im Speichel kariesanfälliger Personen als um das 2 - 4fache größer gefunden wurde. Er glaubte einen besonderen Stoff im Speichel nachgewiesen zu haben, der aus Zucker Säure erzeugt und den Schmelz entkalkt. Dieser Stoff sei bei "immunen" und "kariesempfänglichen" Personen unterschiedlich vorhanden. Er empfahl, seine Methode als Schmelzlöslichkeitstest für die Kariesanfälligkeit zu verwenden.

In nachfolgenden Studien wurde die Schmelzlöslichkeit anhang quantitativer Ca^{++} und Po_4^{--}-Angaben des Schmelzes in einem Phthalatpuffer und mit der colorimetrischen Analyse von MÜHLEMANN[50,51,52] durchgeführt.

Diese Methoden der Schmelzlöslichkeitsbestimmung konnten naturgemäß nie in vivo am Schmelz des gesunden Zahnes angewandt werden. Stets wurden extrahierte Zähne untersucht. Dieses Untersuchungsmaterial meist kariöser Zähne gab zudem nicht die Säurelöslichkeit des Schmelzes wieder, der in ständigen Wechselbeziehungen mit dem Speichel und dem Mundmilieu steht. Außerdem muß man bei Demineralisations- und Umkristallisationsvorgängen (Karies) andersartige Meßwerte erhalten, als dies am intakten Schmelz der Fall ist. Diese Schmelzlöslichkeitsuntersuchungen waren daher reine in-vitro-Analysen des Schmelzes.

Die Methode nach WALTER[68] und MÜHLEMANN[51], die Schmelzlöslichkeit der Zahnoberfläche durch die CRT-Bestimmung zu beurteilen, besitzt demgegenüber vor allem den Vorteil der einfachen Anwendung und der Messung unmittelbar am Ort des Kariesgeschehens.

Ein definiertes Indikatorplättchen, mit einer abgemessenen Säuremenge durchtränkt, wird auf die Schmelzoberfläche gebracht. Die Zeit für den Farbumschlag des Indikators von gelb ($ph \approx 1$) über grün nach violett ($ph \approx 2$) wird gemessen. Dieser Farbumschlag gibt damit an, daß die vorhandene Säure durch gelöste Mineralien (besonders Calcium-Ionen) aus der Schmelzoberfläche neutralisiert ist.

In unserem Institut konnte CONRAD[11] kürzlich durch Untersuchung an extrahierten Zähnen zeigen, daß die CRT-Werte auf einer intakten Schmelzkrone recht erheblich variieren und daß bei beginnender Schmelzkaries zunächst niedrige, später bei fortgeschrittenem Prozeß schließlich hohe CRT-Werte resultieren. Im Gegensatz zum Zahnschmelz waren die CRT-Werte auf der Zementfläche der Wurzel eines Zahnes und auch mehrerer Zähne eines Patienten bemerkenswert konstant.

B. DIE FLUORIDIERUNG DES SCHMELZES

Mit dem CRT-Test wurde von MÜHLEMANN[51] die Wirkung einer fluorhaltigen Zahnpasta beurteilt. Durch die Fluoridierung der Schmelzoberfläche zeigte sich eine deutliche Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit, ausgedrückt in einer Erhöhung der CRT Werte.

Da diese Befunde in der vorliegenden Arbeit noch einmal nachgeprüft werden, soll die Fluoridierung des Zahnschmelzes als kariesprophylaktische Maßnahme nachfolgend umrissen werden:

BLACK und Mc KAY[2] beobachteten eine auffallende weiße oder braune Sprenkelung der Zähne von Personen aus solchen Gegenden, in denen eine erhöhte Fluorkonzentration des Trinkwassers festgestellt wurde. DEAN[14] stellte als erster die Beziehung zwischen der Sprenkelung der Zähne und der Kariesresistenz fest. Der Frage, warum das Fluorion karieshemmend wirkt und wie seine Wirkungsmöglichkeiten sind, galt das besondere Interesse der Kariesforschung. Der heutige Stand der Erkenntnisse läßt sich wie folgt umreißen:

Wirkungsmöglichkeiten des Fluors

I. Durch enterale Einnahme von Fluor in der Zeit der Mineralisation der Zahnhartsubstanzen wird das Fluorion in den Hydroxylapatit des Schmelzes eingebaut. Der so entstandene Fluorapatit ist schwerer säurelöslich.

II. Durch Applikation des Fluorions an der Schmelzoberfläche (Tuschierung) kommt auch ein Einbau des Fluorions in die oberflächlichen Hydroxylapatitstrukturen zustande (KNAPPWOST[29]). OH^--Ionen des Hydroxylapatits werden gegen F^+-Ionen ausgetauscht.

III. Daneben spielt das Fluorion im Enzymstoffwechsel der Mundhöhle und des Speichels eine Rolle.

a) BRAMSTEDT, KRÖNCKE und NAUJOKS[5] konnten nachweisen, daß physiologisch niedrige Fluoridkonzentrationen im Speichel (ca. 10^{-4}m) eine Aktivierung des Glukoseabbaus herbeiführen.

b) Eine Hemmung der Speichelphosphatasen konnte in vitro nur bei relativ hohen Fluorkonzentrationen (10^{-2} m) im Speichel beobachtet werden (KRÖNCKE, AHRENS und HEITMANN[38]). Dagegen werden sie durch physiologische Konzentrationen (10^{-4} - 10^{-5} m) wie der komplette Glukoseabbau aktiviert.

Die Kariesprophylaxe durch Trinkwasserfluoridierung wurde zuerst von COX[12] vorgeschlagen. Sie wird heute an verschiedenen Orten durchgeführt (USA, Schweiz, Schweden). Dabei ist ein Fluoridgehalt von 1,0 - 1,2 mg F^+ /Liter Wasser als wirksam und noch unschädlich erkannt worden. Durch neuere Untersuchungen von KÖNIG, MARTHALER und MÜHLEMANN[32] wurde im Rattenversuch gezeigt, daß die Hemmwirkung kariostatischer Stoffe (organische und anorganische Fluoride) im Trinkwasser folgendes ergab: die Karieshemmung durch die organischen Fluoride entsprach derjenigen gewöhnlicher anorganischer Fluoride. Es zeigte sich jedoch, daß z.B. das Leucin-hydrofluorid unter in-vitro-Bedingungen dem Natriumfluorid bezüglich der Schmelzlöslichkeitsherabsetzung überlegen ist.

Eine andere Möglichkeit der Fluoranwendung zur Kariesprophylaxe ist die Verabreichung des Fluors in Tabletten (Natriumfluorid, schwerlösliche Calcium- oder Magnesiumfluoride). Um Intoxikationen vorzubeugen, wurden in die Tabletten sogenannte "Kalkbremsen" eingebaut (KNAPPWOST[28]).

Auch mit der Milch- und Kochsalzfluoridierung sind Wege der Fluorzuführung aufgezeigt worden. Dies wurde in der Schweiz und in Schweden empfohlen und praktisch angewandt (ZIEGLER[73], WESPI[70], SANTESSON[59]).

KNUTSON[31] empfahl die Fluorpinselung der Zähne. Diese Härtung der Schmelzoberfläche mit Lösungen von NaF oder SnF muß nach einem gewissen Zeitraum (1 - 3 Jahre) wiederholt werden. Man benützt dazu anorganische Fluoridlösungen (2 %), heute auch Kupfer-Cervin (2 % Magnesiumsilikofluoridlösung mit Cu Zusatz), wie dies KNAPPWOST[29] angegeben hat.

SCHÜTZMANNSKY[61,62] hat mit dieser Methode eine kariesreduzierende Wirkung

von 40 % beobachtet und gibt an, daß diese Härtung etwa ein Jahr anhält.

In Amerika wurden zur Zahnschutzhärtung bis zu 10 %ige Zinnfluoridlösungen einmalig verwandt und dazu eine tägliche Fluoridierung der Zahnoberfläche mit zinnfluoridhaltigen Zahnpasten empfohlen (MUHLER[53]). Von WEISZ[71] wurde ein fluoridhaltiges Mundwasser empfohlen.

Obwohl die lokale Fluoridierung mit Zahnpasten von SCHÜTZMANNSKY[61,62] als unkontrollierbare und für die Kariesprophylaxe unzureichende Methode bezeichnet wurde, ist die lokale Fluorprophylaxe in einigen Ländern dem Patienten durch Gebrauch von fluoridhaltigen Zahnpasten und Mundwässern übertragen worden. In Rußland geschieht dies mit einer 75 % NaF enthaltenden Paste (nach LUKOMSKI[43]). In Amerika wird den Patienten von MUHLER[53] eine 0,4 %ige Zinnfluoridzahnpasta empfohlen (Crest-Zahnpasta). Die kariesreduzierende Wirkung dieser letztgenannten Fluorzahnpasta wird nach verschiedenen klinischen Untersuchungen zwischen 23 % und 57 % angegeben.

Der Züricher Arbeitskreis um MÜHLEMANN[50] erprobte mit bemerkenswertem Erfolg organische Fluorverbindungen, die später auch in Zahnpasten gegeben wurden.

Neben anorganischen Fluoriden wurden erstmals synthetisierte Additionsverbindungen von Aminosäuren, langkettigen aliphatischen Monaminen und kationischen Netzmitteln mit Fluorwasserstoff, Alkalimetall- und Metallfluoriden geprüft.

Die Herabsetzung der Löslichkeit des mit diesen organischen Fluoridlösungen vorbehandelten Schmelzes wurde anhand des in Lösung gegangenen Calciums und Phosphors bestimmt. Entkalkt wurde mit einem Phthalatpuffer (ph = 4). Die Resultate zeigten, daß bestimmte organische Fluoride den anorganischen überlegen sind, und daß unter den experimentellen Bedingungen Schmelzlöslichkeitsreduktionen bis zu 90 % zu beobachten sind. Wahrscheinlich wird die Reaktion des Fluorids an der Zahnoberfläche mit physikalisch-chemischen Vorgängen im organischen Bestandteil der Verbindung kombiniert (MÜHLEMANN, SCHMID, KÖNIG[50]).

Der Vorteil der organischen Fluoride wurde in weiteren Untersuchungen festgestellt:

WALTER[68] konnte zeigen, daß organische Fluoride die Schmelzlöslichkeit um mindestens 180 % herabsetzten (Die Indikatorreaktionszeiten des CRT-

Testes werden dabei größer als 100" bzw. 150").

Die Ergebnisse der Untersuchungen von MÜHLEMANN[52] bestätigen, daß die organischen Fluoride die Schmelzoberfläche gegen Entkalkung durch Säuren besser schützen als z.B. anorganisches Zinnfluorid.

Toxische Nebenwirkungen bei der Verwendung von Zahnpasten mit solchen Aminfluoriden sind nicht zu erwarten, da Untersuchungen der Fluorausscheidung im Urin bewiesen haben, daß von dem in Zahnpasten enthaltenen Wirkstoff nur minimale Mengen in den Körper aufgenommen werden (MARTHALER[45]).

C. VERGLEICH DER SÄURELÖSLICHKEIT IN VIVO ZUR ATMUNG UND PUFFERKAPAZITÄT DES SPEICHELS

Wir haben in der vorliegenden Arbeit Speichelatmung und Pufferkapazität vergleichsweise gemessen, da sie als bekannte und bewährte Kariesanfälligkeitsteste eine Beurteilung ermöglichen, ob der CRT-Test in vivo in Zusammenhang mit dem Grade der individuellen Kariesanfälligkeit steht. Die Pufferkapazität korreliert darüberhinaus wahrscheinlich mit der Remineralisation und damit mit der Oberflächenbeschaffenheit des Schmelzes.

Die beiden Kariesanfälligkeitsteste (Atmung und Pufferkapazität des Speichels) dürfen aus der Vielzahl der anderen noch bekannten Teste als die gesichertesten gelten.

In Tübingen durchgeführte Untersuchungen zeigten außerdem eine gute Korrelation zwischen Pufferkapazität und Atmung des Nüchternspeichels (HOFMANN[25]).

D. DIE SPEICHELATMUNG

Auf Grund von biochemischen Speicheluntersuchungen der Hamburger Klinik (BRAMSTEDT und VONDERLINN[3], KRÖNCKE und NAUJOKS[36]) wurde die Speichelatmung als individueller Kariesanfälligkeitstest empfohlen.

KOTHE und SCHÜTZMANNSKY[33,34] sowie EGGERS-LURA[17] haben in Nachuntersuchungen die Übereinstimmung dieses Testes mit der individuellen Kariesanfälligkeit bestätigt.

Der wissenschaftliche Wert der Speichelatmung als Kariesanfälligkeitstest steht und fällt jedoch mit der Verläßlichkeit der Speichelgewinnung (KRÖNCKE[35]). Nüchternspeichel ist in dieser Hinsicht dem stimulierten- oder Reizspeichel vorzuziehen. Nach Untersuchungen von BURNETT[10] hat die lebende Mikroflora auf die Atmung des stimulierten Speichels einen Einfluß.

Es soll nun kurz auf die wichtigsten Grundlagen und Ergebnisse der Speichelatmung, die von KRÖNCKE[39] eingehend beschrieben worden sind, eingegangen werden:

Die Sauerstoffaufnahme des Speichels ist eine Folge ferment-chemischer Prozesse unter Beteiligung des Warburg'schen Atmungsfermentes (BRAMSTEDT und VONDERLINN[3]).

Daneben wird die Speichelatmung von einer Vielzahl chemischer und biochemischer Vorgänge bestimmt und ist, wie Verdünnungsversuche (KRÖNCKE[35]) zeigten, mit Sicherheit keine monomolekulare Reaktion.

Das Ausmaß der Sauerstoffaufnahme im Speichel wird von der zellfreien Phase des Speichels und von zelligen Elementen im Speichel bestimmt.

Durch die Untersuchungen von BRAMSTEDT, KRÖNCKE, NAUJOKS und VONDERLINN[4] sind uns die engen Zusammenhänge der Atmung und des Kohlenhydratabbaus im Speichel bekannt geworden. Glukose, Brenztraubensäure, Asparginsäure und Glutaminsäure sowie anorganisches Phosphat und anorganische Phosphatacceptoren (ATP, ADP) und Diphosphopyridinnukleotide vermochten in vitro die Speichelatmung zu steigern.

Eine verminderte Atmung und Abbaugeschwindigkeit der Glukose im Speichel Kariesanfälliger konnten NAUJOKS, BRAMSTEDT, RANKE und KRÖNCKE[6] nachweisen.

Zuletzt müssen noch die Versuche mit physiologischen Fluoridkonzentrationen (bei Trinkwasserfluorierung 10^{-4} - 10^{-5} m) genannt werden, bei denen BRAMSTEDT, KRÖNCKE, NAUJOKS[5] eine Aktivierung des Glukoseabbaus bei Kariesanfälligen und Kariesresistenten beobachten konnten.

E. DIE PUFFERKAPAZITÄT DES SPEICHELS

Die Pufferkapazität des Speichels drückt den Widerstand des Speichels gegen eine Verschiebung der Wasserstoffionenkonzentration aus (LAMMERS[40]). Das Pufferungsvermögen des Speichels beruht auf seinem Gehalt an schwachen Säuren mit pH-Werten in demselben numerischen Gebiet wie die oralen pH-Werte (ERICSSON[22]).

Folgende Puffersysteme sind dabei im Speichel wirksam:

1.) Phosphatsystem: $\frac{Na\ H_2\ PO_4}{Na_2\ HPO_4}$

2.) Carbonatsystem: $\frac{H_2\ CO_3}{Na\ H\ CO_3}$

3.) Proteine: $\frac{\text{H-Eiweiß}}{\text{Na-Eiweiß}}$

Im Bereich zwischen pH 6,7 und pH 6,9 sollen die Hauptpuffersubstanzen, Phosphate und Carbonate, im stark sauren Bereich hauptsächlich die Eiweiße als Puffer wirken (ROZEIK[58]). Die Untersuchungen von WAH-LEUNG[67] - von LILIENTHAL[42] ergänzt - ergaben, daß für den pH-Bereich 8,0 - 4,0 nur die Phosphat- und Bicarbonatpufferung wirksam ist, während Eiweiß und Muzin keine meßbare Pufferwirkung ausüben.

OLDFELD[54] dagegen behauptet, daß dem Muzin ein hohes Alkalibindungsvermögen zukomme.

Die Pufferwirkung des Bikarbonatsystems im Speichel ist so zu erklären, daß bei Säurezufuhr aus dem Bikarbonat H_2CO_3 frei wird, welche sofort in H_2O und CO_2 zerfällt (LAMMERS[40]). Nur etwa 1 % der Kohlensäure dissoziiert in H^+ - und HCO_3^- Ionen (BUHS[9]). Bei der Laugenpufferung wird das entsprechende Bikarbonat und Wasser gebildet.

Die Phosphatpufferung spielt sich vor allem zwischen dem Mononatriumphosphat und dem Natriumdiphosphat ab. Säure wird so abgepuffert, daß aus dem Dinatriumphosphat, das nur schwach sauer reagiert, Mononatriumphosphat gebildet wird. Bei Laugeneinwirkung findet der entgegengesetzte Vorgang statt: das Mono-

natriumphosphat geht in Dinatriumphosphat unter Wasserbildung über. Das Pufferungsvermögen des Speichels kann durch Änderung der Puffersubstanzen im Speichel und durch Konzentrationsänderung (z.B. Verflüssigung) beeinflußt werden.

Die Speichelmenge ist individuell verschieden und im allgemeinen charakteristisch für das Individuum. Sie ändert sich aber, sobald ein Reiz der Speicheldrüse trifft (Zit. nach LAMMERS und HAFER[40]). JUNG[27] fand, daß der Speichel auf einen Reiz hin mit einem Alkalischub antwortet. Diese Ergebnisse bestätigen die Befunde von Mc CLELLAND[47] und ROSEMANN[57], die einen Anstieg der Alkaleszenz bei stimuliertem Speichel beobachteten. BROWN und KLOTZ[8] hatten in ihren Untersuchungen gefunden, daß im Reizspeichel das Bicarbonat im Vordergrund steht. Auch BRAWLEY und SEDWICK[7] bestätigten diese Ergebnisse. DREIZEN und Mitarbeiter[16] fanden im Reizspeichel die Pufferkapazität bis zu 300 % gesteigert, was auf eine vermehrte Ausscheidung von Na und Bicarbonat zurückzuführen ist.

Auf die Bedeutung der Sekretionsgeschwindigkeit des Speichels ist von BUHS[9] hingewiesen worden. Ein Puffer, der lange im Mund verweilt wird sehr schnell aufgebraucht, wenn er nicht erneuert wird. Ein relativ schwacher Puffer, der durch starke Sekretion oft erneuert wird, hat damit einen größeren Pufferungseffekt als ein Speichel von höherer Pufferkapazität, der mit wesentlich geringerem Minutenvolumen ausströmt.

Auch die Ernährung übt einen Einfluß auf die Speichelpufferung aus. Schlecht ernährte Personen (Kalorienwert 40 % unter der Norm) zeigten die beste Speichelpufferung und die geringste Kariesneigung (MANN, DREIZEN[44]). WILLS und FORBES[72] konnten die Pufferkapazität des Speichels durch eine Diät mit viel Protein und wenig Kohlenhydraten steigern.

Auch ERICSSON[21] bestätigte in letzter Zeit, daß die Ernährung einen solchen Einfluß auf die Pufferkapazität des Speichels ausübt.

Die Beziehungen zwischen Pufferung des Speichels und Kariesanfälligkeit wurde durch ROSE[55] zum ersten Mal aufgezeigt. Bei steigender Sekretionsmenge und steigender Säurepufferung fand er weniger Karies.

PICKERILL[55] beobachtete bei 50 kariesfreien Maorikindern sechsmal größere Alkaleszenz als bei 50 kariesanfälligen Europäern. Zu einem ähnlichen Be-

fund kam HUBBELL[26], der bei kariesfreien Personen eine um 24 % höhere Alkaleszenz als bei kariesanfälligen feststellte. SULLIVAN und STORVICK[63] untersuchten den Reizspeichel von 574 Kindern auf die Pufferkraft. Es ergab sich eine stark signifikante negative Korrelation zur Kariesaktivität und zum pH. Durch TURNER, BELL und SCRIBNER[64,65] wurden die Beziehungen zwischen Pufferkapazität und Kariesanfälligkeit nochmals unterstrichen. Sie konnten zeigen, daß der Speichel bei kariesfreien Kindern eine hohe Alkalität und geringe Azidität aufwies. Das umgekehrte Verhältnis herrschte bei den Kariesanfälligen. Der Schmelzlöslichkeitstest von FOSDICK[23] steht in Beziehung zur Pufferungsfähigkeit des Speichels gegen Säuren. Die im Speichelzuckergemisch entstandenen Säuren, die nicht abgepuffert werden können, führen in diesem Test die Schmelzauflösung herbei. Calcium und Phosphat werden aus dem Schmelz herausgelöst und sind nachher im Speichel vermehrt nachweisbar. MANN, DREIZEN und Mitarbeiter[44] referierten den Befund FOSDICKS[23], demzufolge der Speichel kariesresistenter Personen eine um 40% größere Pufferkapazität als der Speichel von "kariesaktiven" Personen hat.

Die Messung der Pufferkapazität des Speichels wurde von ERICSSON[21] als bisher stichhaltigster individueller Kariesanfälligkeitstest erkannt.

Man sieht, daß die Pufferkapazität des Speichels von verschiedenen Speichelfaktoren (Ionenmilieu, Sekretionsgeschwindigkeit) abhängig ist, die auch für die Remineralisation und Schmelzlöslichkeit Bedeutung haben.

Aus diesem Grund wurde die Schmelzlöslichkeit in den nachfolgenden Untersuchungen in Beziehung zur Pufferkapazität gesetzt.

III. MATERIAL UND METHODEN

1.) Patienten

Die Untersuchungen wurden an 63 Angehörigen des Zahnärztlichen Institutes (20 ♀ und 43 ♂) vorgenommen. Das Durchschnittsalter der Beteiligten war 24 Jahre (Vgl. Tab. 1 und 2).

2.) Speichelproben

Es war schon darauf hingewiesen worden, wie wichtig es ist, die Speichelgewinnung zu standardisieren (KRÖNCKE und NAUJOKS[37]), wenn man vergleichende Untersuchungen anstellen will. Zur Untersuchung wurde nicht-stimulierter Nüchternspeichel verwandt, der die geringsten Schwankungen in der Pufferung und Atmung zeigt (Hamburger Methode der Speichelentnahme). Von den Versuchspersonen wurde verlangt, morgens nach dem Aufwachen und vor dem Zähneputzen ein Reagenzglas bis zur markierten Stelle ($\approx$3 cm^3) mit Speichel zu füllen. Das mit einem Gummipfropf verschlossene Reagenzglas wurde dann morgens im Institut abgegeben und bis zur Untersuchung, längstens 2 Stunden, im Kühlschrank bei + 4° C aufbewahrt.

3.) a) Bestimmung der Atmung des Speichels

Die Speichelatmung wurde im Warburg-Apparat gemessen. Die Manometertechnik ist in der ausführlichen Beschreibung dieses Verfahrens den Veröffentlichungen von DICKENS[15] oder UMBREIT und Mitarbeitern[66] zu entnehmen.

Prinzip der Methode

In einem Reaktionsgefäß, das mit einem Manometer verbunden ist, wird das Speichelpuffergemisch in einem temperaturkonstanten Wasserbad (37° C) geschüttelt. Eine Änderung des Volumens durch den Entzug von Sauerstoff aus der Atmosphäre des Manometersystems durch das Speichelpuffergemisch ist an der Manometerskala ablesbar. Temperatur und Luftdruckveränderungen während des laufenden Versuches werden von einem Kontrollmanometer abgelesen und auf das Meßsystem verrechnet und justiert. Das Ablesen erfolgt

stets bei gleichchem Gasvolumen innerhalb des Manometersystems. Eine Veränderung des Drucks im geschlossenen System (durch Gasproduktion oder Gasabsorption) kann manometrisch abgelesen werden. Aus der festgestellten Druckänderung wird die Menge des verbrauchten oder gebildeten Gases in µl berechnet. Die Manometer werden viertelstündlich während einer Stunde abgelesen, dabei werden die Meßwerte mit denen des Thermobarometers korrigiert.

Versuchsanordnung, Ansätze

Das Flüssigkeitsvolumen in den Reaktionsgefäßen betrug 2,5 cm^3 (1,5 ml Veronalpuffer pH 6,9 - 7 und 1,0 ml Speichel). In das Zentralgefäß kam zur Bindung des freiwerdenden CO_2 0,2 ml Na OH (10 %). Zur Vergrößerung der adsorbierenden Oberfläche der Natronlauge wurden Filterpapierstreifen verwendet.

Der Veronalpuffer enthielt 2,062 g Natrium-diaethylbarbituric in 100 ml Aqua dest. 53,6 ml dieser 0,1 molaren Stammlösung werden mit 46,4 ml einer 0,1 n Salzsäure auf pH 7 eingestellt.

Die Schüttelfrequenz des Warburg-Apparates betrug 120/min. bei kleiner Amplidude.

3.) b) Bestimmung der Pufferkapazität des Speichels

In einem 25 ml Becherglas auf dem Magnetrührwerk wurde je 1 ml Speichel mit n/100 NaOH bzw. mit n/100 HCl titriert.

Zur Messung der Pufferkapazität gegen Basen dienten 2 Tropfen Phenolphthalein. Die Pufferkapazität gegen Säuren wurde mit 2 Tropfen Methylrot als Farb-Indikator bestimmt.

Der Umschlagsbereich des Methylrots ist schwieriger zu beobachten, deshalb benützten wir eine mit Casein angetrübte Vergleichslösung (pH 5,2).

Die charakteristische gelb-orange Farbe des Methylrots bei ph 5,2 wurde als Meßpunkt festgelegt.

Die Titration bis zum Umschlagspunkt ergab dann die jeweils verbrauchte Menge NaOH bzw. HCl.

Lösungen:

n/100 Fixanal - HCl
n/100 Fixanal - NaOH
Methylrot 0,2 % in Alkohol
Phenolphthalein 1 % in Alkohol

Vergleichslösung:

Zitronensäure - Phosphatpuffer nach Mc ILVAINE[48] (46,4 ml Lösung A + 53,6 ml Lösung B).

Lösung A:	Lösung B:
0,2 m - Na_2HPO_4	0,1 m - Zitronensäure
[35,6 g ($Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$)/1000 ml]	[21,01 g ($C_6H_8C_7H_2O$)/1000 ml]

4.) Der CRT-Test

a) Material und Herstellung der Indikatorplättchen

Die Indikatorplättchen wurden in der von MÜHLEMANN[51] angegebenen Weise aus Filterpapier SS597 der Firma Schleicher und Schüll hergestellt. Als Farbindikator wurde Kristallviolett (Merk. Nr. 1407) verwandt.

Das Filterpapier wurde in 0,02 % wässriger Lösung von Kristallviolett 30 sec. hin und her bewegt und bei Zimmertemperatur auf Glasplatten getrocknet.

Aus dem gefärbten Filterpapier stanzte man mit einer Sattlersochzange Scheibchen von 2 mm Durchmesser, die bis zur Verwendung in einer schwarzen Schale lichtgeschützt aufbewahrt wurden.

b) Prinzip und Anwendung der CRT Messung

Das Kristallviolett ist bei pH 0 - 1 grün gefärbt und besitzt bei pH 2 seinen Umschlagspunkt, bei dem es seine violettblaue Farbe annimmt. Der Farbwechsel von pH 0 - 1 über gelb zu violettblau verläuft nicht schlagartig, sondern fortlaufend über gelbgrün - grünbläulich - hellblau zu violettblau.

Zur Schmelzlöslichkeitsbestimmung wird das Indikatorplättchen mit genau 2 µl 1 n-HCl beschickt.

Die Abmessung dieser kleinen Säuremenge läßt sich mit einer Mikroinjektionsspritze (40 µl Fa. Perkin-Elmar & Co.), und Subcutankanülen Nr. 20 erreichen.

Das mit 2 µl 1 n-HCl beschickte Indikatorplättchen bringt man mit einer zahnärztlichen Pinzette auf den mit einer Watterolle gereinigten und getrockneten Schmelz. Die Säure löst die Schmelzoberfläche an und setzt Ca^{++} und Po_4^{---} Ionen frei. Ca^{++} Ionen diffundieren in das Plättchen und neutralisieren die Säure. Der fortlaufenden Neutralisation entsprechend ändert der Indikator seine Farbe.

Nach dem Versuch war meist eine hellere Zone von der Größe des Plättchens zu sehen, die sich auch mit der Sonde etwas rauher als die übrige Zahnoberfläche tasten ließ. Diese Rauhigkeit und der helle Fleck verschwanden nach einigen Tagen von selbst, doch wurde nach den anfänglichen Versuchen dies später sofort nach jedem Versuch durch die Politur behoben.

c) Experimentelles Vorgehen

Durch Vorversuche an extrahierten Zähnen wurde die Feststellung des Umschlagspunktes (blauviolette Farbe) geübt.

Es ist wichtig, daß die CRT Bestimmung stets unter gleichen Lichtverhältnissen durchgeführt wird. Wir führten die Farbumschlagsmessung bei künstlichem Licht (RITTER-Leuchte am zahnärztlichen Behandl ungsplatz) aus.

Die Zeit wurde mit einer Stoppuhr vom Auflegen des Plättchens auf den Schmelz bis zum Violettblau-Punkt abgemessen und in Minuten bzw. Sekunden aufgezeichnet.

d) CRT-Messung nach der lokalen Fluoridierung

Nach der ersten CRT Messung wurde 24 Versuchspersonen die Zahnpasta "23" und 26 Versuchspersonen die Zahnpasta "89" ausgehändigt. Ihnen wurde aufgetragen, bis zum Zeitpunkt der nächsten CRT Messung diese Zahnpasta 2mal täglich, morgens und abends, zu benützen.

Nach 4-wöchigem Gebrauch der Zahnpasten wurde die CRT Bestimmung an ungefähr derselben Stelle an Zahn wiederholt. (Gemessen wurde stets auf der zentral-labialen Fläche des unteren Eckzahnes).

e) Zahnpasten

Für die Versuche verwendeten wir die Zahnpasta "23" und die Zahnpasta "89" der Gaba AG., Basel. Ihre Zusammensetzung wurde erst nach Abschluß und Auswertung der Untersuchungsergebnisse bekanntgegeben.

Die Zahnpasta "23" enthielt außer der Pastengrundlage (Mucilago, Sorbitol, Abrasivstoffe, Geschmackskorrigentien) zwei Aminfluoride: ein substituiertes Propylendiamindihydrofluorid (0,1 % F^-) und Hexadexylaminhydrofluorid (0,025 % F^-). Die Zahnpasta "89" war ein Placebo, in der die organischen Fluoride durch Natriumlaurylsulfat 0,1 % ersetzt waren.

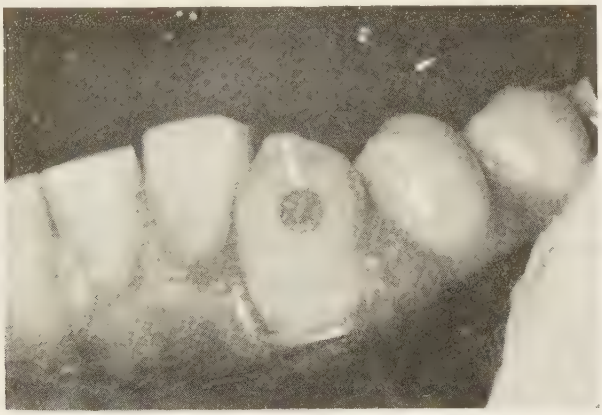

Abb. 3

Die CRT Messung in vivo. Gemessen wurde stets auf der zentrallabialen Fläche des unteren Eckzahnes.

5.) Statistische Fehlerberechnung

a) Allgemeines:

Das im Umfang begrenzte Untersuchungsmaterial wird als Stichprobe aus einer Gesamtheit gleichartiger Prüfungen aufgefaßt. Das arithmetische Mittel der Stichprobe ($\bar{x}$) nähert sich bei zunehmender Zahl der Einzelwerte ständig dem arithmetischen Mittelwert der Grundgesamtheit. Die Standardabweichung des Mittelwertes ($S_{\bar{x}}$) gibt die Grenzen an, innerhalb der das arithmetische Mittel

der Grundgesamtheit zu suchen wäre (E. WEBER[69]).

Symbole in Anlehnung an LINDER, GRAF und HENNING.

N = Zahl der Einzelwerte

$N - 1$ = n Freiheitsgrad

x_i = Einzelwert $(x_1 + x_2 + x_3 \ldots\ldots)$

$\bar{x}$ = arithmetisches Mittel

$S_{\bar{x}}$ = Standardabweichung des Mittelwertes

b) Mittlere Abweichung = Streuung:

$$S = \pm\sqrt{\frac{\Sigma \cdot x_i^2 - \bar{x} \cdot \Sigma \cdot x_i}{N - 1}}$$

c) Standardabweichung des Mittelwertes:

$$S_{\bar{x}} = \pm\sqrt{\frac{\Sigma \cdot x_i^2 - \bar{x} \cdot \Sigma \cdot x_i}{N\,(N - 1)}}$$

d) t-Test:

Dieser Test dient zur Beurteilung der Differenz zwischen zwei Stichprobenmittelwerten ($\bar{x}_a$ und $\bar{x}_b$).

Als Irrtumswahrscheinlichkeit wurde 1 % (Signifikanz) vereinbart, jedoch auch noch 5 % (Signifikanz wahrscheinlich, Nachuntersuchungen zweckmäßig) zugelassen. Der errechnete t-Wert wurde mit Tabellen verglichen und daraus die Irrtumswahrscheinlichkeit P abgelesen.

$$t = \frac{\bar{x}_a - \bar{x}_b}{\sqrt{\frac{(\Sigma x_i^2 - \bar{x} \cdot \Sigma x_i)\,a + (\Sigma x_i^2 - \bar{x} \cdot \Sigma x_i)\,b}{N_a + N_b - 2}}} \cdot \sqrt{\frac{N_a \cdot N_b}{N_a + N_b}}$$

IV. ERGEBNISSE

In der nachfolgenden Tabelle sind die individuellen CRT-Werte (in sec.) vor und nach Gebrauch der aminfluoridhaltigen Zahnpasta "23" aufgeführt.

Tabelle 1

Versuchs - Nr.	Name	Alter / Geschlecht	CRT vor Gebrauch von Zp. 23 (sec.)	CRT nach 4-wöchtl. Gebrauch von Zp. 23 (sec.)
4	B., H.	26 m	51,0	93,5
5	B., D.	23 w	75,9	110,6
10	F., F.	28 m	82,0	39,6
17	H., H.-J.	23 m	84,9	72,5
19	K., A.	38 m	83,2	84,2
22	K., J.	24 m	58,8	94,2
25	K., G.	23 m	58,7	104,8
29	M., W.	25 m	56,1	92,1
30	M., E.	25 m	48,1	80,0
31	M., H.	22 m	49,9	86,3
33	N., H.	23 m	84,3	109,5
34	N., O.	24 w	88,1	89,8
35	N., K.	24 m	98,2	100,6
36	P., E.	25 w	58,8	95,0
38	S., E.-I.	24 m	52,3	70,0
40	S., E.	24 m	65,1	113,6
42	S., T.	32 m	90,4	129,0
43	S., U.	23 m	54,1	86,3
49	T., G.	25 m	78,3	76,7
50	V., I.	25 m	69,8	77,3
52	W., K.	25 m	82,8	119,1
54	W., U.	22 m	75,2	63,3
57	Z., K.	24 m	79,8	76,4
63	M., G.	24 m	34,8	64,7
N = 24 Gruppendurchschnittswerte $\bar{x}$			69,2	88,7

Die individuellen CRT-Einzelwerte vor dem Gebrauch der Zahnpasta "23" variieren sehr stark (von 34,8 sec.- 98 sec.). Die individuellen CRT-Einzelwerte nach Gebrauch der fluorierten Zahnpasta zeigen in 19 von 24 Fällen eine Erhöhung des CRT Wertes, d.h. eine Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit.

Bei den individuellen CRT Einzelwerten nach der Fluoridierung ist im Vergleich zu den individuellen CRT Einzelwerten vor der Fluoridierung kein prozentual gleicher Zuwachs ersichtlich.

Der Gruppendurchschnittswert nach Gebrauch der fluorierten Zahnpasta war um 19,5 sec. erhöht, was eine Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit um 28,2 % bedeutet.

Eine graphische Darstellung der individuellen CRT Einzelwerte (Tab. 1) wird in Abbildung 1 gegeben (nächste Seite). Es ist die Streuung der individuellen CRT Einzelwerte vor und nach dem Gebrauch der Zahnpasta "23" zu ersehen. Ferner kann man beobachten, daß die Mehrzahl der individuellen CRT Einzelmessungen nach Gebrauch der Zahnpasta "23" d.h. nach Fluoridierung des Schmelzes über den entsprechenden Meßpunkten vor der Fluoridierung liegen. Die Schmelzlöslichkeit hatte sich bei der Mehrzahl der individuellen Einzelmessungen erniedrigt.

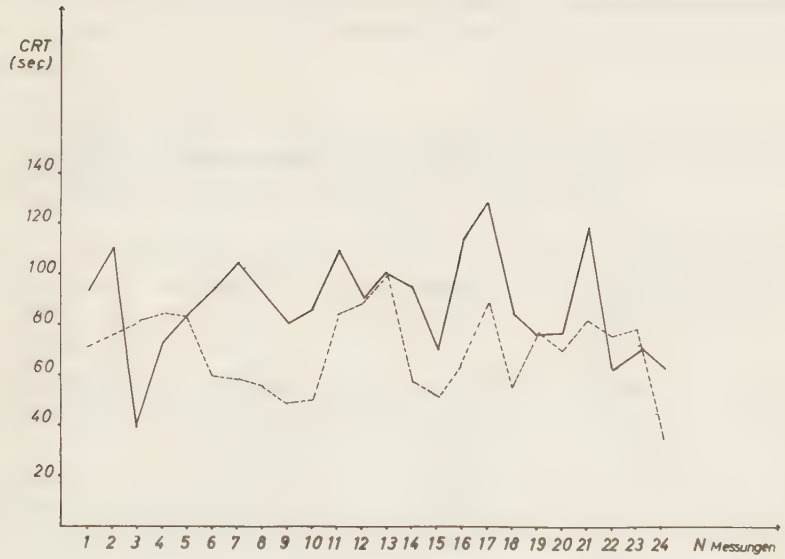

Abb. 1

Die individuellen CRT Einzelwerte sind v o r Gebrauch der Zahnpasta "23" dargestellt und durch die gestrichelte Linie miteinander verbunden.---

Die individuellen CRT Einzelwerte sind n a c h Gebrauch der Zahnpasta "23" dargestellt und durch eine ausgezogene Linie miteinander verbunden.___

Tabelle 2

Hier sind die individuellen CRT Einzelwerte (in sec.) vor und nach dem Gebrauch von Zahnpasta "89" (Placebo) aufgeführt.

Versuchs - Nr.	Name	Alter / Geschlecht	CRT vor Gebrauch von Zp.89 (sec.)	CRT nach 4-wöchtl. Gebrauch von Zp.89 (sec.)
1	B., R.	22 w	80,5	73,7
2	B., H.	25 w	44,7	44,7
3	B., W.	22 m	56,0	106,8
4	B., K-H.	27 m	69,5	71,2
5	D., G.	23 m	78,2	79,5
8	E., I.	23 w	68,1	63,3
9	E., J.	23 m	70,7	95,2
11	G., E.	23 w	54,8	92,1
15	H., D.	23 m	77,3	67,8
16	H., A.	22 w	48,1	92,3
18	K., T.	32 w	83,5	64,4
20	K., M.	25 m	81,7	114,2
21	K., H-D.	25 m	97,6	60,0
23	K., E.	22 w	72,3	48,6
24	K., G.	24 w	83,1	91,3
26	L., G.	23 m	76,1	71,4
27	L., D.	22 m	55,4	83,1
28	M., U.	24 w	82,3	66,7
32	M., J.	24 m	94,6	98,0
44	S., D.	22 w	57,6	90,3
45	S., M.	21 w	46,7	84,4
46	T., F.	25 m	81,9	73,9
51	V., B.	26 w	63,2	83,5
53	W., B.	26 w	47,4	72,7
56	Z., A.	26 m	43,9	53,5
55	Z., E.	23 m	90,3	71,3
N = 26 Gruppendurchschnittswerte $\bar{x}$			69,4	76,3

Die individuellen CRT-Einzelwerte vor dem Gebrauch der Zahnpasta "89" variieren sehr stark (von 43,9 sec. - 90,3 sec.). Die individuellen CRT-Einzelwerte nach Gebrauch der Zahnpasta "89" (Placebo) zeigen in 15 von 20 Fällen ebenfalls eine Erhöhung des CRT Wertes, d.h. eine Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit.

Bei den individuellen CRT-Einzelwerten nach Gebrauch der Zahnpasta "89" ist im Vergleich zu den individuellen CRT-Einzelwerten vor dem Gebrauch der Zahnpasta "89" kein prozentual gleicher Zuwachs ersichtlich.

Der CRT Gruppendurchschnittswert nach Gebrauch der Placebo-Zahnpasta "89" war um 6,9 sec. erhöht, was eine Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit um 9,9 % bedeutet.

Eine graphische Darstellung der individuellen CRT-Einzelwerte (Tab. 2) wird in Abbildung 2 gegeben (nächste Seite).

Es ist ebenfalls die Streuung der individuellen CRT-Einzelwerte vor und nach dem Gebrauch der Zahnpasta "89" zu ersehen. Man kann auch hier beobachten, daß wie in Abbildung 1 die Mehrzahl der individuellen CRT Einzelmessungen nach Placebo-Zahnpastagebrauch über den entsprechenden Meßpunkten vor Gebrauch der Zahnpasta "89" liegen. Die Schmelzlöslichkeit hatte sich bei der Mehrzahl der individuellen Einzelmessungen erniedrigt.

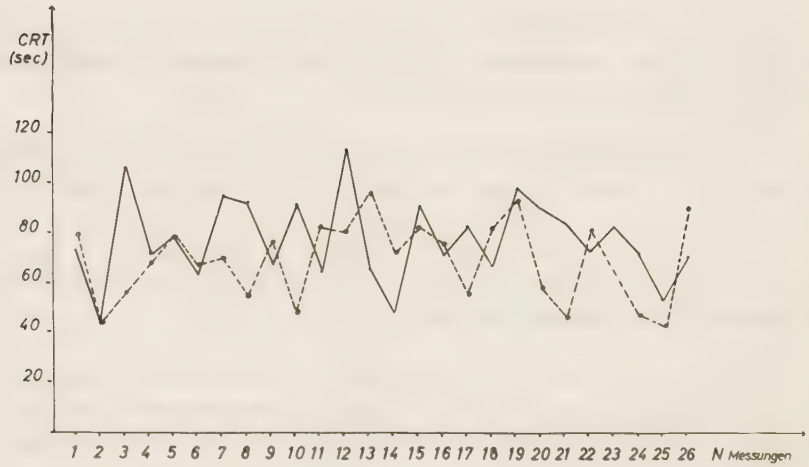

Abb. 2

Die individuellen CRT Einzelwerte sind vor Gebrauch der Zahnpasta "89" dargestellt und durch eine gestrichelte Linie miteinander verbunden.---

Die individuellen CRT Einzelwerte sind nach Gebrauch der Zahnpasta "89" dargestellt und durch eine ausgezogene Linie miteinander verbunden.——

In der nachfolgenden Tabelle sind nach Auswertung der Tabellen 1) und 2) die Gruppendurchschnittswerte der CRT Messung vor und nach dem Gebrauch von Zahnpasta "23" und Zahnpasta "89" verglichen.

Tabelle 3

Vergleich der Gruppendurchschnittswerte

Gruppe	t		P
23 V / 23 N	3,748	<	0,1
89 V / 89 N	1,427	>	5

Es bedeuten:
23 V = Messung vor Zahnpastenbenützung "23"
23 N = Messung nach Zahnpastenbenützung "23"
89 V = Messung vor Zahnpastenbenützung "89"
89 N = Messung nach Zahnpastenbenützung "89"

Der Vergleich der CRT Gruppendurchschnittswerte vor und nach dem Gebrauch der Zahnpasta "23" ergibt einen signifikanten Unterschied von $P < 0,1$, das bedeutet, daß wir das Ergebnis der im Gruppendurchschnitt festgestellten Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit nach Fluoridierung mittels einer Zahnpasta als statistisch gesichert betrachten können.

Zwischen den Gruppendurchschnittswerten vor und nach Gebrauch der Zahnpasta "89" ist kein signifikanter Unterschied feststellbar ($P > 5$). Die Erhöhung des Gruppendurchschnittwertes nach dem Gebrauch der Zahnpasta "89", was ebenfalls eine Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit ausdrückt, ist statistisch nicht gesichert.

Tabelle 4

In Tabelle 4 werden die Schmelzlöslichkeit (CRT) mit der Atmung (0_2Verbr.) und Pufferkapazität (PK) verglichen. Die Werte sind nach dem Sauerstoffverbrauch in Gruppen geordnet.

Gruppen	KA :	Sauerstoffverbrauch von 0 - 60 µl 0_2/Std.
	K? :	Sauerstoffverbrauch von 60 - 90 µl 0_2/Std.
	KR :	Sauerstoffverbrauch über 90 µl 0_2/Std.

4a) Gruppe KA : Sauerstoffverbrauch von 0 - 60 µl 0_2Std.

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PK (cm^3)	0_2 Verbr. (µl /Std.)	CRT (sec)
5	W.B.	26 w	2,20	45	49
7	K.A.	38 m	2,40	49	83
8	B.H.	26 m	2,30	40	51
10	B.H.	25 w	3,10	49	45
12	H.A.	22 w	1,95	29	48
13	S.E-J.	24 m	1,60	35	54
14	P.E.	25 w	2,75	59	63
20	S.D.	22 w	2,20	48	55
22	E.J.	23 m	3,70	35	66
28	K.J.	24 m	1,70	40	62
31	S.E.	24 m	2,90	47	75
32	K.H-D.	25 m	2,90	35	81
35	D.G.	23 m	3,00	55	82
36	F.J.	28 m	2,95	18	77
40	L.D.	22 m	2,50	41	57
46	D.B.	19 w	1,35	10	82
49	B.D.	23 w	1,70	26	78
53	N.K.	24 m	1,80	36	100
54	B.R.	22 w	2,00	33	80
57	W.K.	25 m	1,90	35	78
60	M.H.	22 m	2,45	54	52
61	W.U.	22 m	2,00	24	74
66	K.T.	32 w	2,25	36	91
67	M.U.	24 w	4,30	40	89
N = 24 Gruppendurchschnittswerte $\bar{x}$			2,41	38	70

4b) Gruppe K? : Sauerstoffverbrauch von 60 - 90 µl 0_2/Std.

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PK (cm^3)	0_2Verbr. (µl /Std.)	CRT (sec)
9	K.E.	28 m	1,75	86	33
11	G.E.	23 w	2,40	75	55
19	V.J.	25 m	4,60	67	73
25	H.D.	23 m	2,75	72	73
27	H.H-J.	23 m	3,60	65	85
37	K.G.	24 w	2,85	69	82
42	T.J.	31 m	3,10	71	50
44	K.E.	22 w	2,30	75	78
45	S.T.	32 m	2,50	60	85
50	Sch.H.	19 w	2,70	62	75
51	P.H.	19 w	3,60	61	91
55	S.M.	21 w	2,65	85	49
56	E.J.	23 w	2,70	80	66
59	M.W.	25 m	3,80	86	62
62	P.D.	26 m	2,70	84	84
N = 15	Gruppendurchschnittswerte $\bar{x}$		1,76	73	69

4c) Gruppe KR : Sauerstoffverbrauch über 90 µl 0_2/Std.

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PK (cm^3)	0_2Verbr. (µl /Std.)	CRT (sec)
2	M.E.	25 m	3,70	115	46
4	S.A.	25 w	3,85	129	71
15	N.O.	24 w	3,15	119	82
16	T.G.	25 m	2,80	109	82
17	K.G.	23 m	2,60	99	61
18	Z.A.	26 m	3,10	138	143
23	K.M.	25 m	3,00	205	75
26	R.P.	23 m	4,10	121	110
29	B.W.	22 m	3,50	92	64
30	Z.E.	23 m	2,40	119	87

4c) Gruppe KR : (Fortsetzung)

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PK (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
33	T.F.	25 m	4,30	175	82
34	N.H.	23 m	2,70	90	78
41	L.G.	23 m	4,10	105	59
43	Z.K.	24 m	2,30	112	80
47	W.H.	22 m	4,70	134	98
48	Sch.G.	19 m	4,95	115	67
52	B.K-H.	27 m	4,40	125	70
63	V.B.	26 w	2,70	116	71
64	M.J.	24 m	3,75	108	91
65	H.D.	23 m	3,05	102	74
N = 20	Gruppendurchschnittswerte $\bar{x}$		3,44	121	79

Die individuellen CRT - Einzelwerte lassen zu den Einzelmessungen der Atmung des Speichels keine Gesetzmäßigkeit erkennen. Ebenso zeigen die individuellen CRT-Einzelwerte im Vergleich zu den Pufferkapazitätsmessungen keine Beziehung.

Man kann jedoch bei den Durchschnittswerten der Schmelzlöslichkeit nach zunehmender Atmung in Gruppen geordnet, von der Gruppe KA zur Gruppe KR zunehmende Tendenz beobachten.

Vergleichsweise zeigen die Gruppendurchschnittswerte der Pufferkapazität von Gruppe KA zu KR eine Zunahme.

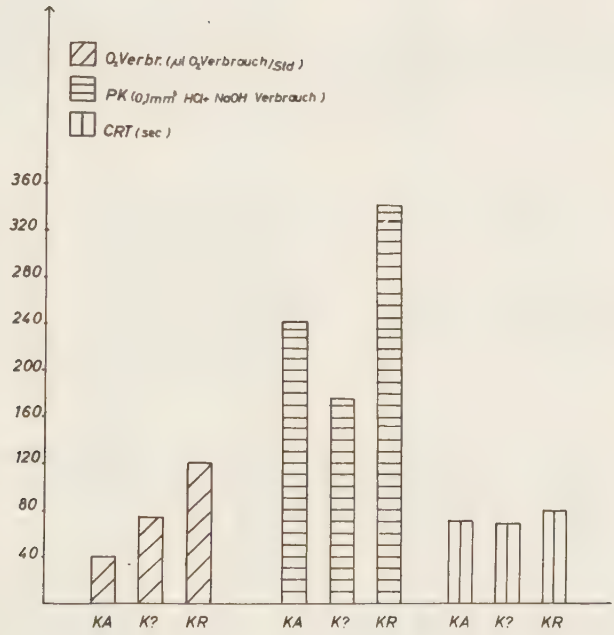

Abb. 4

Hier sind die Gruppendurchschnittswerte der Speichelatmung (0_2Verbr.), der Pufferkapazität des Speichels (PK) und der Schmelzlöslichkeit (CRT), nach ansteigendem Sauerstoffverbrauch des Speichels in Gruppen geordnet, dargestellt.

Tabelle 5

In der nachfolgenden Tabelle sind die Gruppendurchschnittswerte von Pufferkapazität und Schmelzlöslichkeit verglichen.

Sie sind nach zunehmendem Sauerstoffverbrauch angeordnet.

5a) Gruppenunterschiede der Pufferung nach zunehmendem Sauerstoffverbrauch geordnet.

Gruppe	t	P
KA_{PK} / $K?_{PK}$	1,42	>5
KA_{PK} / KR_{PK}	4,594	$<0,1$
$K?_{PK}$ / KR_{PK}	3,35	$\approx 0,2$

5b) Gruppenunterschiede der Schmelzlöslichkeit nach zunehmendem Sauerstoffverbrauch geordnet.

Gruppe	t	P
KA_{CRT} / $K?_{CRT}$	0,186	>5
KA_{CRT} / KR_{CRT}	1,577	>5
$K?_{CRT}$ / KR_{CRT}	1,497	>5

Aus den Tabellen ist ein Unterschied der CRT Gruppendurchschnitte zwischen der Gruppe KA und KR ersichtlich, doch ist die Differenz der CRT Gruppendurchschnittswerte nicht signifikant $P>5$ (Tab. 5b).

Im Vergleich zeigen die Gruppendurchschnittswerte der Pufferkapazität des Speichels in der Gruppe KA_{PK}/KR_{PK} $P<0,1$, in der Gruppe $K?_{PK}/KR_{PK}$ $P<0,2$ einen signifikanten Unterschied (Tab. 5a).

Tabelle 6

Die Ergebnisse der Schmelzlöslichkeit (CRT), Atmung (0_2Verbr.) und Pufferkapazität (PK) sind nach steigender Pufferkapazität in Gruppen geordnet angeführt.

Die einzelnen Gruppen:

A : 1,35 - 1,90 cm^3 HCl + NaOH Verbrauch
B : 2,00 - 2,90 cm^3 HCl + NaOH Verbrauch
C : 3,00 - 3,90 cm^3 HCl + NaOH Verbrauch
D : 4,00 - 5,75 cm^3 HCl + NaOH Verbrauch

6a) Gruppe A : 1,35 - 1,90 cm^3 (HCl 8 NaCH) Verbrauch

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PK (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
46	D.B.	19 w	1,35	10	82
13	S.E-J.	24 m	1,60	35	54
28	K.J.	24 m	1,70	40	62
49	B.D.	23 w	1,70	36	78
9	K.E.	28 m	1,75	86	33
53	N.K.	24 m	1,80	36	100
1	M.G.	24 m	1,90	115	31
N = 7	Gruppendurchschnittswerte $\bar{x}$		1,69	49,7	63

6b) Gruppe B : 2,00 - 2,90 cm^3 (HCl + NaOH) Verbrauch

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PK (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Stdt.)	CRT (sec)
57	W.D.	25 m	1,90	35	76
12	H.A.	22 w	1,95	29	48
6	K.H.	24 m	2,10	-	76
5	W.B.	26 w	2,20	45	49
20	S.D.	22 w	2,20	48	55
66	K.T.	32 w	2,25	36	91
44	K.E.	22 w	2,30	75	78
8	B.H.	26 m	2,30	40	51
43	Z.K.	24 m	2,30	112	80
7	K.A.	38 m	2,40	49	83
30	Z.E.	23 m	2,40	119	87
11	G.E.	23 w	2,40	75	55
24	F.G.	24 m	2,40	7	84
60	M.H.	22 m	2,45	54	52
45	S.T.	32 m	2,50	60	85
40	L.D.	22 m	2,50	41	57
17	K.G.	23 m	2,60	99	61
55	S.M.	21 w	2,65	85	49
62	P.D.	26 m	2,70	84	84
50	Sch.H.	19 w	2,70	62	75
63	V.B.	26 w	2,70	116	71
56	E.J.	23 w	2,70	80	66
34	N.H.	23 m	2,70	90	78
14	P.E.	25 w	2,75	59	63
25	H.D.	23 m	2,75	72	73
16	T.G.	25 m	2,80	109	74
37	K.G.	24 w	2,85	69	82
31	S.E.	24 m	2,90	47	73
32	K.H-D.	25 m	2,90	35	81
61	W.D.	22 m	2,00	24	74
54	B.R.	22 w	2,00	33	80
N = 31	Gruppendurchschnittswerte $\bar{x}$		2,46	63	71

6c) Gruppe C : 3,00 - 3,90 cm^3 (HCl + NaOH) Verbrauch

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PK (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
36	F.J.	28 m	2,95	18	77
35	D.G.	23 m	3,00	55	82
23	K.M.	25 m	3,00	205	75
65	H.D.	23 m	3,05	102	74
42	T.J.	31 m	3,10	71	50
10	B.H.	25 w	3,10	49	45
18	Z.A.	26 m	3,10	138	143
15	N.O.	24 w	3,15	119	82
64	M.G.	24 m	3,45	108	91
29	B.W.	22 m	3,50	82	64
51	B.H.	19 w	3,60	61	91
27	H.H-J.	23 m	3,60	65	85
2	M.E.	25 m	3,70	115	46
22	E.J.	23 m	3,70	35	66
39	M.W.	25 m	3,80	86	62
4	S.A.	25 w	3,85	129	71
N = 16	Gruppendurch-schnittswerte $\bar{x}$		3,35	90,5	75

6d) Gruppe D : 4,00 - 5,75 cm^3 (HCl + NaOH) Verbrauch

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PK (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
41	L.G.	23 m	4,10	105	59
26	R.P.	23 m	4,10	121	110
67	M.U.	24 w	4,30	40	89
33	T.F.	25 m	4,30	175	82
52	B.K-H.	27 m	4,40	125	70
19	V.J.	25 m	4,60	67	73
47	W.H.	22 m	4,70	134	98

Gruppe D : (Fortsetzung)

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PK (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
48	Sch.G.	19 m	4,95	115	67
39	H.E.	26 m	5,75	-	91
N = 9	Gruppendurch-schnittswerte $\bar{x}$		4,58	110	82

Die individuellen CRT - Einzelwerte lassen zu den individuellen Einzelmessungen der Pufferkapazität des Speichels keine Gesetzmäßigkeit erkennen.

Die CRT Durchschnittswerte in Gruppen nach steigender Pufferkapazität des Speichels angeordnet, steigen von Gruppe A über Gruppe B, Gruppe C, nach Gruppe D an.

Bei den Vergleichsgruppen der Atmung des Speichels ist ebenfalls eine steigende Tendenz von der Gruppe A, zu Gruppe B, zu Gruppe C nach Gruppe D festzustellen.

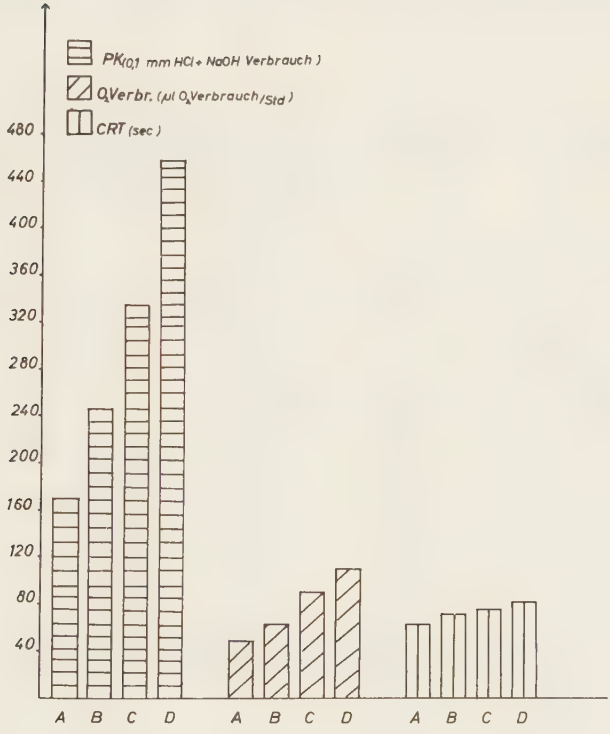

Abb. 5

Hier sind die Gruppendurchschnittswerte der Pufferkapazität (PK), der Speichelatmung (0_2Verbr.) und der Schmelzlöslichkeit (CRT), nach der Pufferkapazität des Speichels in Gruppen geordnet, dargestellt.

Tabelle 7

In den nachfolgenden Tabellen sind die Gruppendurchschnittswerte der Speichelatmung (0_2Verbr.) und der Schmelzlöslichkeit (CRT) verglichen. Sie sind nach ansteigender Pufferkapazität geordnet.

7a) Gruppenunterschiede der Atmung nach steigender Pufferkapazität geordnet

Gruppe	t	P
$A_{0_2\text{Verbr}}/B_{0_2\text{Verbr}}$	0,949	>5
$A_{0_2\text{Verbr}}/D_{0_2\text{Verbr}}$	2,924	≈ 1
$B_{0_2\text{Verbr}}/C_{0_2\text{Verbr}}$	2,411	≈ 2
$C_{0_2\text{Verbr}}/D_{0_2\text{Verbr}}$	0,980	>5

7b) Gruppenunterschiede der Schmelzlöslichkeit nach steigender Pufferkapazität geordnet

Gruppe	t	P
A_{CRT}/B_{CRT}	1,160	>5
A_{CRT}/D_{CRT}	1,800	>5
B_{CRT}/C_{CRT}	0,726	>5
C_{CRT}/D_{CRT}	0,786	>5

Die CRT Durchschnittswerte, in Gruppen nach steigender Pufferkapazität des Speichels angeordnet, steigen von Gruppe A über Gruppe B, Gruppe C nach Gruppe D an.

Die Unterschiede der CRT Gruppendurchschnittswerte sind aber nicht signifikant $P>5$ (Tab.7b).

Im Vergleich zeigen die Gruppendurchschnittswerte der Atmung

in der Gruppe $A_{0_2\text{Verbr}}/D_{0_2\text{Verbr}}$ $P<1$ einen signifikanten und

in der Gruppe $B_{0_2\text{Verbr}}/C_{0_2\text{Verbr}}$ $P<2$ einen wahrscheinlichen

Unterschied (Tab. 7a).

Tabelle 8

Nachfolgend sind hier die Ergebnisse der Schmelzlöslichkeit (CRT) der Atmung (0_2Verbr) und der Pufferkapazität gegen Säure (PS) angeführt. Die Werte sind nach der Pufferkapazität gegen Säure in Gruppen geordnet.

Die Gruppen sind:

E : 0 - 0,90 cm^3 HCl Verbrauch
F : 0,90 - 1,20 cm^3 HCl Verbrauch
G : 1,20 - 1,50 cm^3 HCl Verbrauch
H : 1,50 - 2,10 cm^3 HCl Verbrauch

8a) Gruppe E : 0 - 0,90 cm^3 HCl Verbrauch

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PS (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
9	K.E.	28 m	0,40	86	33
44	K.E.	22 w	0,60	75	78
24	F.G.	24 m	0,60	7	84
46	D.B.	19 w	0,65	10	82
7	K.A.	38 m	0,70	49	83
14	P.E.	25 w	0,75	59	63
6	K.H.	24 m	0,75	-	76
28	K.J.	24 m	0,80	40	62
49	B.D.	23 w	0,80	36	78
65	H.D.	23 m	0,85	112	74
N = 10	Gruppendurch-schnittswerte $\bar{x}$		0,69	60	72

8b) Gruppe F : 0,90 - 1,20 cm^3 HCl Verbrauch

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PS (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
13	Sch.E-J.	24 m	0,90	35	54
61	W.U.	22 m	0.90	24	74
1	M.G.	14 m	0,90	115	31
66	K.T.	32 w	0,90	36	91
11	G.E.	23 w	0,90	75	55
40	L.D.	22 m	0,90	41	57
31	S.E.	24 m	1,00	47	73
60	M.H.	22 m	1,00	54	52
18	Z.A.	26 m	1,00	138	143
50	Sch.H.	19 w	1,00	62	75
57	W.D.	25 m	1,00	35	78
25	H.D.	23 m	1,00	72	73
15	N.O.	24 w	1,05	119	82
4	S.A.	25 w	1,05	129	71
12	H.A.	22 w	1,05	29	48
19	V.J.	25 m	1,10	67	73
17	K.G.	23 m	1,10	99	61
8	B.H.	26 m	1,10	40	51
53	N.K.	24 m	1,10	36	100
5	W.B.	26 w	1,10	45	49
30	Z.E.	23 m	1,10	119	87
20	S.D.	22 w	1,10	48	55
34	N.H.	23 m	1,10	90	78
37	K.G.	24 w	1,15	69	82
N = 24	Gruppendurchschnittswerte $\bar{x}$		1,02	67,6	70,5

8c) Gruppe G : 1,20 - 1,50 cm^3 HCl Verbrauch

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PS (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
16	T.G.	25 m	1,20	109	74
42	T.G.	31 m	1,20	71	50
51	P.H.	19 w	1,20	61	91
54	B.R.	22 w	1,20	33	80
56	E.J.	23 w	1,20	80	66
36	F.J.	28 m	1,25	18	77
55	S.M.	21 w	1,25	85	49
59	M.W.	25 m	1,30	86	62
63	V.B.	26 w	1,35	116	71
67	M.U.	24 w	1,40	40	89
27	H.H-J.	23 m	1,40	65	85
35	D.G.	23 m	1,40	55	82
41	L.D.	23 m	1,40	105	59
45	S.T.	32 m	1,40	60	85
62	P.D.	26 m	1,40	84	84
43	Z.K.	24 m	1,40	112	80
N = 16	Gruppendurch-schnittswerte $\bar{x}$		1,31	73,7	74

8d) Gruppe H : 1,50 - 2,10 cm^3 HCl Verbrauch

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PS (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
2	M.E.	25 m	1,50	115	46
23	K.M.	25 m	1,50	205	75
32	K.D.	25 m	1,50	35	81
64	M.G.	24 m	1,55	108	91
29	B.W.	22 m	1,60	82	64
10	B.H.	25 w	1,60	49	45
26	R.P.	23 m	1,60	121	110
52	B.H-K.	27 m	1,70	125	70

Gruppe H : (Fortsetzung)

Versuchs-nummer	Name	Alter / Geschlecht	PS (cm^3)	0_2Verbr. (μl /Std.)	CRT (sec)
48	Sch.G.	19 m	1,85	115	67
47	W.H.	22 m	1,90	134	98
22	E.J.	23 m	1,90	35	66
39	H.E.	26 m	2,00	-	91
33	T.F.	25 m	2,10	175	82
N = 13	Gruppendurch-schnittswerte $\bar{x}$		1,79	108,2	75,8

Die individuellen CRT Einzelwerte zeigen zu den Einzelwerten der Pufferkapazität des Speichels gegen Säure keine Beziehung.

Bei den Durchschnittswerten der Schmelzlöslichkeit nach zunehmender Pufferkapazität des Speichels gegen Säure geordnet kann man ein Ansteigen der Gruppen von E zu G nach H beobachten. Der Gruppendurchschnittswert F paßt allerdings nicht in das Bild der steten Zunahme. Er zeigt einen niedereren Wert als der Durchschnittswert der Gruppe E.

Als Vergleich zeigen die Gruppendurchschnittswerte der Speichelatmung ein gleichmäßiges Ansteigen des Sauerstoffverbrauchs von der Gruppe E nach F nach G zu H.

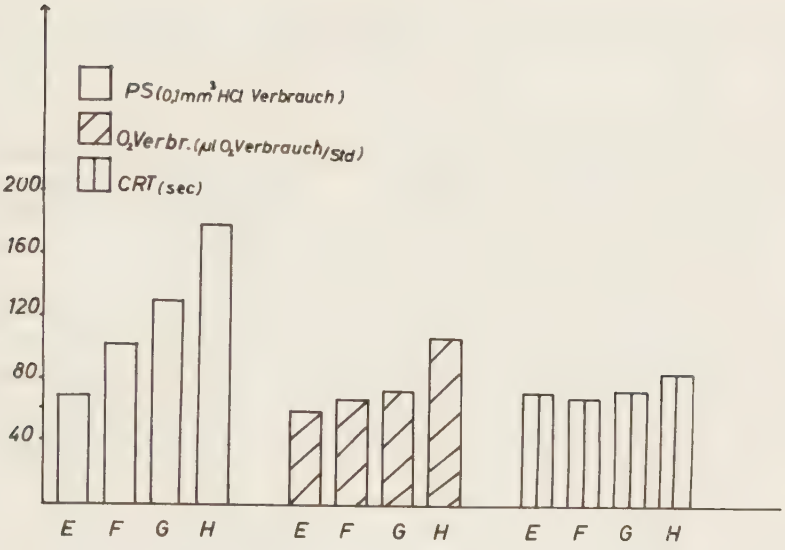

Abb. 6

Hier sind die Gruppendurchschnittswerte der Pufferkapazität des Speichels gegen Säure (PS), der Speichelatmung (0_2Verbr.) und der Schmelzlöslichkeit, in Gruppen nach der Pufferkraft gegen Säure geordnet, dargestellt.

Tabelle 9

Es werden die Gruppendurchschnittswerte der Speichelatmung und der Schmelzlöslichkeit verglichen. Die Gruppen sind nach steigender Pufferkapazität gegen Säure eingeteilt.

9a) Gruppenunterschiede der Atmung nach steigender Pufferkapazität gegen Säure angeordnet.

Gruppe	t	P
E_{O_2} Verbr. / F_{O_2} Verbr.	0,614	>5
E_{O_2} Verbr. / H_{O_2} Verbr.	2,644	>1 <2
F_{O_2} Verbr. / G_{O_2} Verbr.	0,465	>5
G_{O_2} Verbr. / H_{O_2} Verbr.	2,235	<5 >2

9b) Gruppenunterschiede der Schmelzlöslichkeit nach steigender Pufferkapazität gegen Säure angeordnet.

Gruppe	t	P
E_{CRT} / F_{CRT}	0,495	>5
E_{CRT} / H_{CRT}	0,354	>5
F_{CRT} / G_{CRT}	0,558	>5
G_{CRT} / H_{CRT}	0,294	>5

Eine Zunahme der CRT Durchschnittswerte von der Gruppe E zur Gruppe H wird beobachtet. Die Unterschiede der CRT Gruppendurchschnitte sind jedoch nicht signifikant $P>5$ (Tab.9b).

Im Vergleich weisen die Gruppendurchschnitte der Atmung

in den Gruppen E_{O_2} Verbr. / H_{O_2} Verbr. $P>1<2$ und

in der Gruppe G_{O_2} Verbr. / H_{O_2} Verbr. $P<5>2$ einen

wahrscheinlichen Unterschied auf (Tab. 9a).

V. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse werden in der Reihenfolge der gestellten Fragen besprochen.

Zunächst muß auf die CRT-Messung im besonderen noch eingegangen werden. Wir hatten die CRT-Messung in klinischen Tests mit Indikator-Plättchen von 2 mm Durchmesser angestellt, die mit ln-HCl getränkt waren. MÜHLEMANN[51] verwandte zur CRT-Messung an der Schmelzoberfläche von Schneidezähnen ebenfalls ln-HCl, jedoch einen Scheibchen-Durchmesser von 3 mm. Bei seinen CRT-Messungen nach Fluorzahnpastengebrauch bzw. nach Gebrauch einer Placebo-Zahnpasta hatte er jedoch Schwierigkeiten mit der Messung des Farbumschlagpunktes und verwandte n/3 HCl auf Scheibchen von einem Durchmesser von 2 mm. Diese Ergebnisse der CRT-Messung können daher zu unseren Messungen nur zum relativen Vergleich herangezogen werden, ebenso wie die CRT-Messungen von CONRAD[11], bei der wohl Indikatorplättchen von 2 mm Durchmesser verwandt wurden, auf die aber nur 1,5 µl n-HCl gebracht waren.

A. Die individuelle CRT-Einzelmessung, die am entsprechenden Zahn an ungefähr der gleichen Stelle vorgenommen wurde, variiert bei den verschiedenen Personen sehr stark. Die individuellen CRT-Werte liegen zwischen 34,8 (sec) und 98 (sec). Der CRT-Durchschnittswert bei der Gruppe 23 V war $\bar{x}$ 69,2 (sec), bei der Gruppe 89 V $\bar{x}$ 69,4 (sec). MÜHLEMANN[51] hatte bei den vergleichbaren Werten ein CRT $\bar{x}$ um 36 (sec) festgestellt. Der Unterschied dieser Ergebnisse kann, wenn man vom Methodenfehler absieht, durch das unterschiedlich verwandte "Probandenmaterial" erklärt werden. Bei den von uns Untersuchten war das Durchschnittsalter 24 Jahre. Es wurde der CRT-Wert an der labialen Schmelzoberfläche des unteren Eckzahns gemessen. MÜHLEMANN[51] stellte den CRT-Wert an 40 7 - 8jährigen Kindern fest. Gemessen wurde an der Schmelzoberfläche der oberen Schneidezähne. Durch diesen Vergleich kann die Vermutung ausgesprochen werden, daß die CRT-Werte sich bei zunehmendem Alter erhöhen, d.h. die Schmelzlöslichkeit herabgesetzt wird.

Nach 4-wöchigem Gebrauch der Fluorzahnpasta war bei den individuellen CRT-Einzelwerten keine einheitliche Gesetzmäßigkeit der CRT-Erhöhung ersichtlich. Der CRT Gruppendurchschnittswert war jedoch auf $\bar{x}$ = 88,7 (sec) erhöht. Zwischen dem Durchschnittswert der Gruppe 23 V

(Messung vor Gebrauch der Fluorzahnpasta "23") und 23 N (Messung nach Gebrauch der Fluorzahnpasta "23") ergab sich ein signifikanter Unterschied.

Der CRT Gruppendurchschnittswert nach 4-wöchigem Gebrauch der Placebo-Zahnpasta war ebenfalls erhöht auch $\bar{x}$ = 76,3 (sec). Der Vergleich der Gruppe 89 V (Messung vor Gebrauch der Placebo-Zahnpasta "89") mit 89 N (Messung nach Gebrauch der Placebo-Zahnpasta "89") ergibt jedoch keinen signifikanten Unterschied.

Dieses Ergebnis war unerwartet. In seinen klinischen Versuchen hat MÜHLEMANN[51] für unsere CRT-Messung der Placebo-Gruppe leider kein zu vergleichendes Meßergebnis. Seine CRT-Bestimmung erfolgte an frisch extrahierten Zähnen, die zwei Stunden einem Fluorid-Zahnpasta-Bad bzw. Placebo-Zahnpasta-Bad ausgesetzt waren. Auch hier konnte eine CRT-Erhöhung bei der Placebo-Gruppe festgestellt werden.

Das Ergebnis aus unseren Versuchen kann so erklärt werden: Nach der wiederholten CRT-Messung war die Schmelzoberfläche durch die Säure arodiert und die Schmelzstrukturen waren aufgelockert worden. Es wurden für die Remineralisation bessere Haftungsmöglichkeiten an der Schmelzoberfläche geschaffen.

Die Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit könnte auch durch eine Wirkung auf die oberflächlichen, demineralisierten Schmelzstrukturen, die von dem Putzkörper (Pyrophosphate) der Placebo-Zahnpasta verursacht wurde, gedeutet werden. Diese hypothetischen Erklärungsversuche können nur durch weitere Untersuchungen bestätigt werden.

B. Die individuellen CRT-Einzelmessungen liegen in derselben Größenordnung wie die Ergebnisse aus A. Auch hier variieren die individuellen CRT-Messungen sehr stark, es ist keine Gesetzmäßigkeit feststellbar.

Die CRT-Gruppendurchschnittswerte nach steigender Atmung des Speichels geordnet zeigen mit zunehmender Atmung eine Erhöhung der CRT-Werte. Die CRT-Gruppendurchschnittswerte zeigen jedoch im Vergleich der Gruppen untereinander keinen signifikanten Unterschied. Durch diese Ergebnisse ist über die Stichhaltigkeit der Schmelzlöslichkeitsmessung mittels CRT-Methode als Kariesanfälligkeitstest noch nichts ausgesagt; daß sich keine signifikanten Unterschiede der Gruppen ergeben, könnte aus Schwankungen der Atmung des Speichels herrühren (KRÖNCKE[35]). Diese Schwankungen

der Atmung des Speichels werden durch bekannte Faktoren, die die Speichelatmung beeinflussen (z.B. Ernährung und Verdünnung) hervorgerufen.

Die Gruppendurchschnittswerte der Pufferung des Speichels untereinander verglichen zeigen bei zwei Gruppen jedoch einen signifikanten Unterschied.

$$(KA_{PK} \;/\; KR_{PK} \quad P < 0,1 \text{ und}$$
$$K?_{PK} \;/\; KR_{PK} \quad P < 0,2).$$

Die Schmelzlöslichkeitsmessung im Vergleich zur Pufferkapazität des Speichels hat bei den CRT-Einzelmessungen ebenfalls keinen Unterschied ergeben.

Bei den Gruppendurchschnittswerten ist jedoch ebenfalls eine Korelation zwischen zunehmender Pufferkapazität und ansteigendem CRT-Wert ersichtlich.

Vergleichs-Gruppendurchschnittswerte der Atmung zeigen in einer Gruppe einen signifikanten Unterschied, in einer anderen Gruppe einen wahrscheinlichen Unterschied.

$$(A_{O_2}\text{Verbr.} \;/\; D_{O_2}\text{Verbr.} \quad P < 1 \text{ und}$$
$$B_{O_2}\text{Verbr.} \;/\; C_{O_2}\text{Verbr.} \quad P < 2).$$

Zuletzt wurde die Schmelzlöslichkeit mit der Pufferkraft gegen Säure in Beziehung gesetzt. Wir erhofften uns ein in unserem Sinne positives Ergebnis, d.h., daß bei den CRT-Gruppendurchschnittswerten sich eine Signifikanz zeigen könnte. Durch die Untersuchungen von HOFMANN[25] hatte sich ergeben, daß die Pufferung gegen Säuren und diejenige gegen Basen nicht gleich ist. Diese Untersuchungen zeigten ein deutliches Überwiegen der Pufferung gegen Säuren im menschlichen Nüchternspeichel. Diese Beobachtung war früher auch von BUHS[9] gemacht worden.

Bei den CRT-Einzelwerten, zur ansteigenden Pufferkraft des Speichels gegen Säure angeordnet, konnte ebenfalls keine Gesetzmäßigkeit erkannt werden.

Die CRT-Gruppendurchschnittswerte korrelierten zu den Gruppendurchschnittswerten der Pufferkraft gegen Säure. Die Unterschiede zwischen den Gruppendurchschnittswerten zeigten ebenfalls keine Signifikanz, wohingegen Vergleichsgruppen der Atmung in zwei Gruppen einen wahrscheinlichen Unterschied aufzeigten.

$$(E_{O_2}\text{Verbr.} \;/\; H_{O_2}\text{Verbr.} \quad P > 1 < 2$$
$$\text{und}$$
$$G_{O_2}\text{Verbr.} \;/\; H_{O_2}\text{Verbr.} \quad P < 5 > 2).$$

Der Schmelzlöslichkeitstest hat also zur Atmung, Pufferkapazität und Pufferkraft gegen Säure eine Beziehung; jedoch ist der Schmelzlöslichkeitstest (CRT-Messung) als individueller Kariesanfälligkeitstest nicht stichhaltig. Es hat sich gezeigt, daß unsere Vergleichsgruppen der Atmung und Pufferkapazität in den einzelnen Gruppen untereinander signifikante Ergebnisse erbrachten. Diese beiden Tests waren zur Feststellung der individuellen Kariesanfälligkeit geeignet.

Bestimmt spielt die Schmelzlöslichkeit im Kariesgeschehen eine Rolle, in welchem Maße sie jedoch zur Pufferung bzw. Atmung des Speichels in Beziehung steht, kann zumindest mit der Methode des CRT-Tests nicht erfaßt werden. Der Größenunterschied der CRT-Werte bei verschiedenen Personen, bei verschiedenen Zähnen eines Patienten, ja sogar die unterschiedlichen CRT-Werte an verschiedenen Stellen eines Zahnes (CONRAD[11]) erschweren dies. Nicht zuletzt stellt die Ungenauigkeit, durch den Methodenfehler bei der CRT-Bestimmung bedingt, die Verläßlichkeit der Ergebnisse in Frage. Auf die Schwierigkeit der Messung des Farbumschlagpunktes ist auch von MÜHLEMANN[51] hingewiesen worden. Auch MARTHALER und ZILIO[46] erwähnen, daß eine Verkleinerung des Methodenfehlers die Aussagekraft der Ergebnisse erheblich erhöhen würde.

Herrn Professor Dr. A. Kröncke
möchte ich für die Überlassung
des interessanten Themas und
seiner Anleitung zu dieser Ar-
beit herzlich danken.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Bei 63 Versuchspersonen wurde die Schmelzlöslichkeitsbestimmung (CRT-Test) in ihrer Beziehung zur Atmung und Pufferung des Speichels geprüft. Von diesen 63 Versuchspersonen standen 50 Probanden für die Bestimmung der Schmelzlöslichkeit vor und nach Verwendung einer organischen Fluorzahnpasta und einer nicht fluorierten Placebo-Zahnpasta zur Verfügung.

A. Die Schmelzlöslichkeit war nach 4-wöchigem Gebrauch einer organischen Fluorzahnpasta im Gruppendurchschnitt signifikant erniedrigt.

Der CRT-Test ist geeignet, in Gruppen die kariesprophylaktische Wirkung einer Fluorzahnpasta zu beurteilen.

Die Schmelzlöslichkeit war nach 4-wöchigem Gebrauch einer Placebo-Zahnpasta im Gruppendurchschnitt gering erniedrigt, das Ergebnis ist nicht signifikant. Dieser Effekt wird wahrscheinlich durch Pyrophosphate verursacht.

B. Die CRT Gruppendurchschnitte zeigten in Gruppen nach steigendem Sauerstoffverbrauch geordnet eine Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit (CRT-Erhöhung). Der Unterschied ist jedoch nicht signifikant.

Die CRT Gruppendurchschnittswerte zeigten in Gruppen nach steigender Pufferkapazität des Speichels (HCl + NaCH Verbrauch) geordnet in den Gruppen eine Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit (Erhöhung von CRT). Die Unterschiede waren ebenfalls nicht signifikant.

Die CRT Gruppendurchschnittswerte zeigten in Gruppen nach steigender Pufferkraft des Speichels gegen Säure angeordnet eine Herabsetzung der Schmelzlöslichkeit. Auch diese Unterschiede ließen sich nicht statistisch sichern.

Der CRT-Test ist nicht geeignet, die individuelle Kariesbereitschaft zu charakterisieren.
In Gruppen zeigen die CRT-Durchschnittswerte eine Beziehung zur steigenden Speichelatmung und in gleicher Weise zur Pufferung des Speichels, ohne daß diese Befunde statistisch gesichert werden konnten.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

1. Andresen, V. : Über Mineralisation und Remineralisation des Zahnschmelzes.
   Dtsch. Mschr. Zahnhk. 39, 97 (1921)

2. Black, G.V., Mc Kay, F.S. : An inverstigation of mottled teeth
   Dent. Cosmos 58, 894 (1916)

3. Bramstedt, F., Vonderlinn, R. : Die Sauerstoffaufnahme und ihre Beziehung zur Zahnkaries.
   Zahnärztl. Welt 7, 505 (1952)

4. Bramstedt, F., Kröncke, A., Naujoks, R., Vonderlinn, R. : Die Verbrennung organischer Substrate im Speichel kariesresistenter und kariesanfälliger Personen.
   Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 782 (1954)

5. Bramstedt, F., Kröncke, A., Naujoks, R., : Über den Einfluß niedriger Fluorkonzentration auf den Kohlehydratabbau im Speichel kariesanfälliger und resistenter Personen.
   Z. Proph. Med. 2, 36 (1957)

6. Naujoks, R., Bramstedt, F., Ranke, E., Kröncke, A. : Beziehungen zwischen der Aldolaseaktivität des Speichels und der Karies.
   Arch. Oral. Biol. 4, 179 (1961)

7. Brawley, R.E., Sedwick, J.H. : Studies concerning the oral cavity and saliva.
   J. dent. Res. 19, 315 (1940)

8. Bown, J.B., Klotz, N.J. : Studies on the chemistry of mixed human saliva.
   J. dent. Res. 16, 19 (1937)

9. Buhs, A. : Zahnkaries, Speichel und Schwangerschaft.
   Sammlung Meusser 1959

10. Burnett, G.W. : Studies of the respiration of the microbial flora of human saliva.
J. dent. Res. 33, 469 (1954)

11. Conrad, U. : Untersuchungen über den sogenannten CRT-Test (Mühlemann) und seine Aussagefähigkeit über die Oberfläche des Zahnschmelzes.
Med. Diss. Tübingen 1961

12. Cox, G.J. Matuschak, M.C., Dixon, S.F., Dodds, M.L., Walker, W.E. : Fluorine and its relation to dental caries.
J. dent. Res. 18, 481 (1939)

13. Csernyei, J., : Ist die Karies endogen bedingt?
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 1405, (1960)

14. Dean, H.T., Jay, F.A., Arnold, E. : Domestic water and dental caries.
Publ. Hlth. Rep. Wash. 57, 1155 (1942)

15. Dickens, F. : Die manometrische Methode.
In: Bamann und Myrbäk.
Die Methoden der Fermentforschung
Leipzig 1941, Bd. 1, S. 985.

16. Dreizen, S., Reed, A.J. Niedermeyer, W., Spies, T.D. : Sodium and potassium as constituents of human Salivary buffers.
J. dent. Res. 32, 497 (1953)

17. Eggers - Lura, H. : Die Sauerstoffaufnahme der Speichelmikroflora und ihre Beziehung zur Karies.
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferhk. 24, 177 (1956)

18. Eggers - Lura, H. : Untersuchungen über den aeroben und anaeroben Ab-

bau der Kohlehydrate im Speichel.

Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferhk. 21, 97 (1954)

19. Eggers-Lura, H. : Mikrobiologische Mechanismen von nicht-saurer Lösung und Ausnützung der Zahnsubstanz bei Karies.

Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 878 (1958)

20. Eggers-Lura, H. : Die Lokalisation der Phosphatasen im Kariesbild.

Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 1648 (1960)

21. Ericsson, Y., : Composition on physical-chemical qualities of saliva in relation to caries susceptibility and resitance.

6. ORCA Zahrbuch S. 35 Pavia 1959

22. Ericsson, Y. : Die Beziehung zwischen Speichel und Karies.

Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 164 (1961)

23. Fosdick, L.S., Hansen, H.L. Epple, C. : Enamel Decalcification by mouth organisms and dental caries: a suggested test for caries susceptibility.

J. Amer. dent. Ass. 24, 1275 (1937)

24. Gottlieb, B. : Dental Caries

Philadelphia 1947.

25. Hofmann, H.J. : Vergleich der Pufferkapazität und der Atmung des menschlichen Speichels als Kariesanfälligkeitsteste.

Med. Diss. Tübingen 1962

26. Hubbell, R.B. : The chemical composition of saliva and blood serum of children in relation to dental caries.

Amer. J. Physiol. 105, 436 (1933)

27. Jung, K.G. : Untersuchung über Reizspeichel.

Paradentium Nr. 1 Jahrg. 1932

28. Knappwost, A. : Zit. nach Schmidt, H.J.: Fluor-Jon und Zahnkaries.
Med. u. Ernähr. 4, 80, (1961)

29. Knappwost, A. : Zur Kenntnis der lokalen Fluorierung durch Fluoride, Fluorsilikate und fluorierte Zahnpasten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 681, (1952)

30. Knappwost, A., Effinger, A. : Experimentelle Untersuchungen zur Resistenstheorie der Karies.
Dtsch. zahnärztl. Z. 11, 669 (1956)

31. Knutson, W. : Sodium fluoride solutions: technic for application to the teeth.
J. Amer. dent. Ass. 36, 37 (1948)

32. König, K.G., Marthaler, Th. Mühlemann, H.R. : Anticaries effect of inorganic fluorides and some organic fluorides in albino rats.
Helv. odont. Acta 1, 33 (1957)

33. Kothe, J., Schützmannsky, G. : Vergleichende Untersuchungen zwischen Kariesanfälligkeit und Sauerstoffverbrauch des Speichels und ihre Verwendbarkeit als Kariestest.
Dtsch. Zahn- Mund- u. Kieferhk. 27, 347 (1957)

34. Kothe, J., Schützmannsky, G. : Untersuchungen über die Verlässlichkeit des Sauerstoffverbrauches im Speichel als Kariestest und seine Verwendbarkeit im Rahmen einer individuellen Kariesprophylaxe.
Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 184 (1959)

35. Kröncke, A., Bramstedt, F., Naujoks, R. : Die Sauerstoffaufnahme des Speichels. Ihre Grundlagen und ihre Brauchbarkeit als Kariesanfälligkeitstest.
6. ORCA Jahrbuch S. 97 Pavia 1959

36. Kröncke, A., Naujoks, R. : Die Speichelphosphatasen und ihre Beziehungen zur Zahnkaries.
Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 71 (1953)

37. Kröncke, A., Naujoks, R. : Weitere Untersuchungen zur Entwicklung eines biochemischen Kariestestes.
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 565 (1954)

38. Kröncke, A., Ahrens, G., Heitmann, E. : Beitrage zur Kenntnis der Fluorwirkung auf Speichelphosphatasen.
Stoma (Heidelb.) 10, 151 (1957)

39. Kröncke, A. : Ergebnisse und Probleme biochemischer Speichelforschung.
Dtsch. Zahnärztebl. 17, 523 (1960)

40. Lammers, Th., Hafer, H. : Biologie der Zahnkaries.
Dr. A. Hüthig Verlag Heidelberg 1956

41. Leimgruber, Ch. : L'équilibre salivo-dentaire
Rev. belge. stomat. 54, 543 (1957)

42. Lilienthal, B. : An analysis of buffer systems in saliva
J. dent. Res. 34, 516 (1955)

43. Lukomski, J. : Zit. nach Hoffmann-Axthelm, W.: Untersuchungen zum Fluorproblem Sammlung Meusser (1959)

44. Mann, A.W., Dreizen, S., Spies, T.D., Hunt, F.M. : A comparison of dental caries activity in malnourished and well-nourished patients.
J. Amer. Ass. 34, 244 (1947)

45. Marthaler, Th.M. : Toxity studies with sodium and amine fluorides.
Helv. odont. Acata 2, 50 (1960)

46. Marthaler, Th.M., Zilio, R. : Enamel solubility sudies in vivio: method, error and effect of topically applied fluorides.
Helv. odont. Acta 1, 27 (1960)

47. Mc Clelland, J.R. : The influence of various stimuli upon human saliva
Amer. J. Physiol. 63, 127 (1922)

48. Mc Ilvaine, S. : Wissenschaftliche Tabellen
J.R. Geigy A.G. S 101, Basel 1955

49. Miller, W.D. : Lehrbuch der kons. Zahnerhaltung
Leipzig 1888, 2. Aufl. G. Thieme

50. Mühlemann, H.R., Schmid, H., König, K.G.: Enamel solubility reduction studies with inorganic an organic fluorides.
Helv. odont. Acta 1, 23 (1957)

51. Mühlemann, H.R., Wolgensinger, F.,: In vivo reduction of enamel solubility in children using an organic fluorid dentifrice.
Helv. odont. Acata 3, 35 (1959)

52. Mühlemann, H.R. : Experimental modifications of the enamel surface
Helv. odont. Acta. 1, 5 (1960)

53. Muhler, J.C. : zit. nach Schmidt H.-J.:
Med. u. Ernähr. 4, 80 (1961)

54. Oldfeldt, C.O. : Physical-chemical infestigations on some mucins and mucoids
Zschr. Physiol. Chem. 240, 249, (1936)

55. Pickeriel, H.P. : The prevention of dental caries and oral sepsis
3. edt. New York 1924

56. Röse, C. : Zahnverderbnis und Speichelbeschaffenheit.
Dtsch. Mschr. Zahnhk. 23, 705 (1905)

57. Rosemann, F. : Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie.
Bd. 3, S. 823 Berlin 1927.

58. Rozeik, F., Herrmann, M. : Über den Einfluß der Azidose und Alkalose auf die Kariesentstehung.

Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 344 (1961)

59. Santesson, G. : Aspects of salt fluoridation

4. ORCA Jahrbuch S. 191 Malmö 1957

60. Schatz, A., Martin, J.J., Karlsen, K.E. : Abbau von organischen Schmelzbestandteilen und keratinösem Eiweiß durch proteolytische Bakterien der Mundhöhle.

Zahnärztl. Rdschr. 64, 349 (1956)

61. Schützmannsky, G.: Die praktische Durchführung und die ersten Ergebnisse der Fluorprophylaxe an der Halleschen Klinik.

Dtsch. Stomat. 1, 39 (1951)

62. Schützmannsky, G.: Die zweite Auswertung der exogenen Fluorprophylaxe an der Halleschen Klinik.

Dtsch. Stomat. 3, 7 (1953)

63. Sullivan, J.H., Storvick, C.A. : Correlation of saliva analysis with dental examinations of 574 freschmen at oregon state College.

J. dent. Res. 29, 165 (1950)

64. Turner, N.C. Bell, J.T. Scribner, J.H. : Titratable acidity, titratable alkalinity, and p H of the saliva for 315 children aged 5 to 11 years.

J. dent. Res. 32, 688 (1953)

65. Turner, N.C., Bell, J.T. Scribner, J.H. : The relationsship of titratable acidity titratable alkalinity, and p H to the incidence of dental caries.

J. dent. Res. 33, 55 (1954)

66. Umbreit, W.W., Burris, R.H. Stauffer, J.F. : Manometric techniques and tissne metabolism

Minneapolis 1949

67. Wah-Leung, S. : A demonstration of the importance of bicarbonate

as a salivary buffer.

J. dent. Res. 29, 666 (1950)

68. Walter, H.G. : A simple laboratory method for preliminary screening of organic fluorides as to their anamel solubility reducing effect.

Helv. odont. Acta 2, 40 (1958)

69. Weber, E. : Grundriss, d. biolog. Statistik

Jena 1956

70. Wespi, H.J. : Fluor-Vollsalz zur Kropf- und Kariesbekämpfung.

Schwabe Verlag Basel /Stuttgart 1956

71. Weisz, W.S. : The reducton of dental caries through use of a sodium fluoride mouth wash.

J. Amer. dent. Ass. 60, 438 (1960)

72. Wills, J.H., Forbes, J.C. : Factors influencing acid-neutralizing power of saliva.

J. dent. Res. 15, 337 (1936)

73. Ziegler, E. : Über die Milchfluorierung in: Symposium über Fluorprobleme Neuenburg 1956

Schwabe & Co., Basel /Stuttgart

74. Lukomski, J. : zit. nach Hoffmann-Axthelm, W.: Untersuchungen zum Fluorproblem.

Sammlung Meusser 1959

Lebenslauf

Am 16. 9. 1934 wurde ich, Horst Bergmann, als Sohn des Hans Bergmann und dessen Frau Emma Bergmann, geborene Eitel, in Tübingen geboren.

Von 1946 - 1955 war ich Schüler am Kepler-Gymnasium in Tübingen, wo ich mit Erlangung der Reife am 17. 3. 1955 abging.

Im Sommer-Semester 1955 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde in Tübingen. Am 31. 10. 1959 legte ich in Tübingen die Zahnärztliche Vorprüfung ab.

Das vorklinische Studium und das 1. klinische Semester studierte ich an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen. Im 2. klinischen Semester war ich an der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Die folgenden Semester meines Studiums studierte ich wieder in Tübingen.

Am 11. 12. 1962 legte ich in Tübingen das Zahnärztliche Staatsexamen ab. Seit 1. 2. 1963 bin ich Verwalter einer Assistentenstelle am Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen.